MANEJO INTEGRADO DE INSECTOS HERBÍVOROS EN SISTEMAS GANADEROS SOSTENIBLES

Editores

Karen Castaño Quintana
Julián Chará Orozco
Carolina Giraldo
Zoraida Calle

MANEJO INTEGRADO DE INSECTOS HERBÍVOROS EN SISTEMAS GANADEROS SOSTENIBLES

Editores

Karen Castaño Quintana
Julián Chará Orozco
Carolina Giraldo
Zoraida Calle

ISBN 978-958-9386-92-7 Impresión
ISBN 978-958-9386-93-4 Digital
Cali - Colombia

Título
Manejo integrado de insectos herbíboros en sistemas ganaderos sostenibles

Editores
Karen Castaño Quintana
Julián Chará Orozco
Carolina Giraldo
Zoraida Calle

Fotografías portada
Juan Fernando Escobar
Juan David Sánchez
Carolina Giraldo

Fotografías contraportada
Juan Fernando Escobar
Francisco López Machado
Juan David Sánchez
Tatiana Meza

Ilustraciones
Naturaleza Creativa

Diseño gráfico
José Antonio Riascos de la Peña

Impresión
Ingeniería Gráfica S.A.

Primera edición, noviembre 2019

ISBN 978-958-9386-92-7 Impresión
ISBN 978-958-9386-93-4 Digital

Para citar este libro:
Castaño-Quintana, K., Chará, J., Giraldo, C., Calle, Z. 2019. Manejo integrado de insectos herbívoros en sistemas ganaderos sostenibles. CIPAV, Cali Colombia. 306p.

Manejo integrado de insectos herbívoros en sistemas ganaderos sostenibles / Castaño Quintana, Karen; Chará Orozco, Julián; Giraldo, Carolina; Calle, Zoraida. -- Cali, CIPAV, 2019

306 páginas ilustradas
ISBN 978-958-9386-92-7 Impresión
ISBN 978-958-9386-93-4 digital

1. Ganadería sostenible – 2. Sistemas silvopastoriles. – 3. Control biológico de insectos. – 4. Manejo integrado de plagas – 5. Insectos herbívoros. – 6. Hormiga arriera: *Atta cephalotes*. – 7. Insectos en sistemas ganaderos. – 8. Problemas del control químico. -- I. Karen Castaño Quintana, Julián Chará Orozco, Carolina Giraldo, Zoraida Calle, Editores; Juan Fernando Escobar, Juan David Sánchez, Carolina Giraldo, Francisco López Machado, Tatiana Meza, Fotógrafos. -- II. Título

632.96 CD 21

Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV.

CIPAV - Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria
Carrera 25 No. 6-62 Barrio El Cedro
Cali, Valle del Cauca, Colombia
A.A. 20591
Teléfono (57) (2) 524 30 61
Fax: (57) (2) 519 00 61
e-mail: cipav@fun.cipav.org.co
http://www.cipav.org.co

Agradecimientos

Los editores agradecen a los coautores de los capítulos por la participación en la elaboración de esta publicación y a los investigadores que hicieron la revisión externa de los capítulos del libro: Aymer Andrés Vásquez, Carlos Eduardo Giraldo, Carlos Santamaría Velasco, Carmen Elisa Posso, Diego Fernando Rincón, James Montoya Lerma, Jonathan Rodríguez Guerrero, Leidy Salamanca Canizales, Leonardo Rivera Pedroza, Patricia Chacón de Ulloa, Sandra Milena Valencia, Selene Escobar y William Cardona Duque. También agradecemos a todos los productores que participaron en el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible y permitieron llevar a cabo los estudios de seguimiento y control de insectos indeseados en los diferentes sistemas silvopastoriles evaluados.

Este libro se publica en el marco del proyecto "Ganadería Colombiana Sostenible"- GCS que contó con la financiación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) y del Gobierno del Reino Unido, y que se llevó a cabo en Colombia por una alianza entre Fondo Nacional del Ganado - FEDEGAN, CIPAV, The Nature Conservancy y El Fondo Acción, y el apoyo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, y del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, bajo la supervisión del Banco Mundial.

De igual forma, agradecemos a Colciencias y FEDEGAN por la financiación de algunas de las investigaciones, a la Universidad del Valle por facilitar el uso de espacios y laboratorios, y al profesor James Montoya Lerma por su asesoría.

Los editores

Karen Castaño Quintana
Julián Chará
Carolina Giraldo
Zoraida Calle

Contenido

Presentación 1

CAPÍTULO 1
Introducción y sistemas de ganadería sostenible. 2
Karen Castaño-Quintana.

CAPÍTULO 2
Alternativas de manejo de organismos plaga en sistemas de producción sostenible. 14
Karen Castaño-Quintana, Carolina Giraldo y Julián Mendivil.

CAPÍTULO 3
Manejo integrado de "maría pirata" *Prosarthria teretrirostris* (Orthoptera: Proscopiidae) en sistemas silvopastoriles intensivos del Valle del río Cesar. 58
Carolina Giraldo, Karen Reyes y James Montoya-Lerma.

CAPÍTULO 4
Aspectos biológicos y comportamiento de "maría pirata" *Prosarthria teretrirostris* (Orthoptera: Proscopiidae) en sistemas silvopastoriles intensivos del valle del río Cesar (Colombia). 84
Carolina Giraldo, Karen Reyes y James Montoya-Lerma.

CAPÍTULO 5
Revisión de la biología y métodos de control de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae). 108
Karen Castaño-Quintana.

CAPÍTULO 6

Aspectos ecológicos, enemigos naturales y métodos de control de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en la Reserva Natural El Hatico. 150

Karen Castaño-Quintana, Carolina Giraldo, Jonathan Rodriguez, Nelly Victoria Giraldo, Zoraida Calle, Karen Reyes, Carlos H. Molina, Enrique José Molina, Juan José Molina, Inge Armbrecht y James Montoya-Lerma.

CAPÍTULO 7

Insectos chupadores del pasto kikuyo *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov) Morrone en condiciones de monocultivo y sistemas silvopastoriles intensivos en el trópico alto de América. 180

Daniel Esteban Ochoa, Jhon Jairo Lopera-Marín, Zoraida Calle, Julián Chará y Enrique Murgueitio-Restrepo.

CAPÍTULO 8

Heteropsylla cubana Crawford (Hemiptera: Psyllidae) en sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae) en condiciones de Cuba. 206

Nurys Valenciaga Valdés, Madelen Herrera Perdomo y Tomás Elías Ruiz Vázquez.

CAPÍTULO 9

Evaluación de métodos agroecológicos para el manejo del barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) en la Reserva Natural El Hatico, Valle del Cauca, Colombia. 224

Karen Castaño-Quintana, Adriana Giraldo-Sanchez, Enrique Murgueitio-Restrepo, Zoraida Calle, Carlos Hernando Molina, Juan José Molina y James Montoya-Lerma.

CAPÍTULO 10

Ciclo de vida, comportamiento y daño de la polilla defoliadora “Pega-Pega” *Apotoforma* sp. (Lepidoptera: Tortricidae) asociada a *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en sistemas silvopastoriles intensivos del valle del río Cesar - Colombia. 258

Carolina Giraldo, Karen Reyes y James Montoya-Lerma.

CAPÍTULO 11

Impactos negativos y manejo adecuado de agroquímicos. 286

Karen Castaño-Quintana.

Presentación

En Colombia, un número creciente de productores buscan aumentar la rentabilidad de sus fincas en el mediano y largo plazo y al mismo tiempo contribuir al cuidado del medio ambiente a través de la transición hacia sistemas ganaderos sostenibles y la protección de los ecosistemas naturales. Por ejemplo, los sistemas silvopastoriles combinan árboles, pastos y arbustos en arreglos agroforestales que proveen múltiples beneficios productivos y ambientales. Sin embargo, durante los procesos de establecimiento y consolidación de los sistemas silvopastoriles, pueden aparecer organismos indeseados que afectan a las plantas cultivadas o al ganado, tal como ocurre en otros sistemas productivos.

Para los ganaderos, es importante conocer algunas prácticas adecuadas para el manejo y control de los organismos indeseados, de tal modo que puedan identificar y aplicar métodos eficientes de manejo, sin necesidad de recurrir a plaguicidas tóxicos que contaminan los alimentos y el medio ambiente, y afectan la salud humana y animal.

Durante la implementación del proyecto de Ganadería Colombiana Sostenible, se han registrado brotes de insectos indeseados en sistemas silvopastoriles de diferentes regiones del país y se han evaluado métodos de manejo respetuosos del entorno natural.

El propósito de esta publicación es compartir las experiencias y aprendizajes sobre el control de insectos herbívoros y otros organismos plaga que han causado daño en los sistemas silvopastoriles, de tal modo que los lectores puedan identificarlos y tengan las herramientas necesarias para controlarlos sin ocasionar daños al ecosistema y a la salud de los habitantes del campo y los consumidores.

CAPÍTULO 1

Introducción y sistemas de ganadería sostenible

Karen Castaño-Quintana[1,2]

[1]*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.*
[2]*Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali-Colombia.*
karen@fun.cipav.org.co

Resumen

El uso de plaguicidas es una práctica común en el control de organismos indeseados en los sistemas productivos agrícolas y pecuarios de todo el mundo. En Colombia el uso de plaguicidas en agricultura ha aumentado en un 360% durante los últimos años. Sin embargo, el uso de agroquímicos puede tener efectos devastadores; estos compuestos causan intoxicaciones y enfermedades crónicas, reducen o eliminan las poblaciones de enemigos naturales de los organismos plaga y otros organismos benéficos, contaminan los alimentos y el medio ambiente, estimulan el desarrollo de resistencia de los organismos no deseados, reducen la diversidad biológica, contaminan las fuentes de agua y aumentan los costos de producción. En este sentido, los sistemas ganaderos sostenibles y la adopción de estrategias que componen el Manejo Integrado de Plagas-MIP, es una opción prometedora para reducir el impacto de los agroquímicos y asegurar una producción más saludable y sostenible para las presentes y futuras generaciones.

Introducción

En América, la cría de ganado tuvo sus orígenes hace cinco siglos, cuando los animales domésticos de uso pecuario fueron traídos al continente americano en el segundo viaje de Cristóbal Colón (Pinzón 1984, Murgueitio & Ibrahim 2009, Mora *et al*. 2017). Desde entonces, la ganadería ha jugado un papel importante en la provisión de alimentos y en el aporte a la economía rural. Se estima que la producción animal proporciona el 33% del consumo mundial de proteínas (Buitrago-Guillen *et al*. 2018) y contribuye al sustento de más de mil millones de personas de la población más pobre del mundo (Hurst *et al*. 2005). Sin embargo, la producción ganadera tiene un impacto importante sobre los recursos naturales pues una buena proporción de la superficie terrestre es dedicada al pastoreo (FAO 1991). Esta situación se presenta también en Colombia donde la ganadería tradicional extensiva ocupa la mayor proporción del área transformada (Paz-Cardona 2018, Rico 2017).

Sin embargo, este tipo de ganadería genera impactos negativos al medio ambiente porque contribuye a la degradación de los recursos naturales disponibles (suelo, agua, biodiversidad). Adicionalmente, las prácticas ganaderas tradicionales contribuyen a una mayor emisión de Gases de Efecto Invernadero - GEI (FAO 2015, Gerber *et al*. 2013); así como a la contaminación del medio ambiente a través del uso de insumos agropecuarios que terminan en las fuentes de agua, suelos o cadenas alimenticias. El pisoteo constante del ganado genera compactación, erosión y degradación del suelo por mal manejo de la tierra y el sobrepastoreo.

Por estas razones, la ganadería ha sido catalogada como una actividad altamente contaminante y se le atribuye una gran responsabilidad en los fenómenos climáticos actuales (Buitrago–Guillen 2018). Paradójicamente, el cambio climático al que la ganadería contribuye también es una amenaza para la misma productividad ganadera debido al impacto del clima sobre la calidad y cantidad de los forrajes, la disponibilidad de agua, la reproducción animal, el incremento del estrés y las enfermedades del

ganado y la aparición de plagas en los sistemas (Rojas-Downing *et al*. 2017). Por estas razones, es importante promover sistemas productivos sostenibles que contribuyan a la mitigación, de los efectos del cambio climático y sean más resilientes y adaptados a este fenómeno (Murgueitio *et al*. 2011).

Figura 1. Sistema de ganadería convencional en San Martín, Meta, Colombia.

Estos sistemas deben contribuir a la protección y uso eficiente de los recursos naturales, a través de la adopción de arreglos productivos y buenas prácticas de manejo que maximicen los beneficios económicos, sociales y ambientales de la producción ganadera y garanticen la preservación de los recursos naturales para las futuras generaciones (Kaasschieter *et al*. 1992, Broom *et al*. 2013, Kaufmann 2015). Un ejemplo exitoso de uso del suelo son los Sistemas Silvopastoriles, los cuales integran diferentes plantas (pastos, arbustos, árboles y palmas) en arreglos que permiten mejorar la producción de alimento a la vez que contribuyen a la conservación de los recursos naturales y la provisión de servicios ambientales.

Figura 2. Sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala* en Cerrito, Valle del Cauca, Colombia.

En Colombia, la implementación de Sistemas Silvopastoriles y otras prácticas de mejoramiento en sistemas ganaderos contribuyó a la transformación de 4.572 hectáreas de ganadería convencional a ganadería sostenible en cinco regiones del país (Valle del Río Cesar, Boyacá y Santander, Piedemonte Orinocense, Eje Cafetero y Bajo Magdalena), a través del proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (Proyecto GCS 2019).

Los sistemas silvopastoriles presentan múltiples beneficios en comparación con los sistemas tradicionales: contribuyen a incrementar hasta cuatro veces la productividad ganadera, mejorar el bienestar de los animales, proteger las fuentes de agua, enriquecer las propiedades del suelo, aumentar la biodiversidad y los servicios

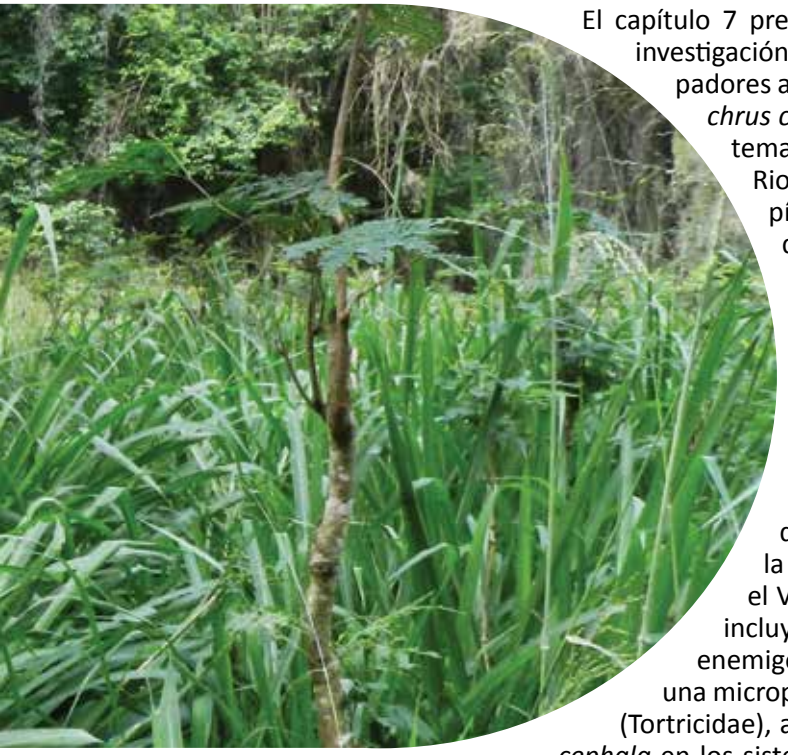
ecosistémicos, reducir la erosión y degradación del suelo, promover la conservación de áreas naturales, reducir la emisión de gases de efecto invernadero, incrementar la fijación y almacenamiento de carbono atmosférico y acrecentar la producción de forrajes de alta calidad, lo que reduce la necesidad de suplementación de fuentes externas (Giraldo *et al*. 2011, Ruiz *et al*. 2011, Broom *et al*. 2013, Barahona *et al*. 2014, Chará *et al*. 2019).

Sin embargo, en los procesos de establecimiento y manejo de los sistemas silvopastoriles es importante adoptar prácticas que reduzcan el impacto de plagas y la necesidad de usar plaguicidas para su control. El control químico continúa siendo la opción más usada en el combate de especies plagas en el campo colombiano y su uso ha tenido un aumento de 360% en los últimos 20 años (UNAL 2015). Esta situación va en contravía con los principios productivos sostenibles debido a los efectos negativos que los productos de síntesis química ejercen sobre la salud y el bienestar de las personas y animales, el incremento en los costos de producción y la contaminación del medio ambiente. El control químico utilizado de manera inadecuada afecta los tres pilares base de los sistemas sostenibles: el componente social, ambiental y económico (Kaufmann 2015). Por esta razón, para no interferir con la sostenibilidad y los múltiples beneficios que ofrecen los sistemas silvopastoriles, es imprescindible mejorar las prácticas de control de plagas.

Figura 3. Sistema silvopastoril intensivo con botón de oro *Tithonia diversifolia*. Finca demostrativa San José, Ulloa, Valle del Cauca, Colombia. Proyecto "Ganadería Colombiana Sostenible".

Figura 4. Animales con sombra y buena cantidad y calidad de alimento que les proporcionan un mayor bienestar.

El presente libro tiene el propósito de presentar a los productores algunos estudios de caso que han sido exitosos en el control de insectos herbívoros en diferentes sistemas de uso ganadero. El capítulo 2 presenta las estrategias y tácticas dentro de un Manejo Integrado de Plagas y la importancia de las interacciones ecológicas, la presencia de organismos benéficos en los sistemas productivos y sus implicaciones para la regulación natural de insectos plaga. En el capítulo 3 se muestran de manera clara y sencilla, los métodos y análisis necesarios para evaluar el nivel de daño económico de un insecto plaga, a partir del caso de estudio de maría pirata *Prosarthria teretrirostris* (Proscopidae) asociado a sistemas silvopastoriles en el valle del río Cesar. En el capítulo 4 se incluyen los detalles del ciclo de vida de *P. teretrirostris*, su comportamiento en campo, enemigos naturales y estrategias de control. El capítulo 5 constituye una síntesis de la biología de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Formicidae), su importancia como plaga en los sistemas productivos y métodos de control. En el capítulo 6 se presenta un estudio de caso del comportamiento e impacto de la hormiga arriera en los sistemas naturales y productivos de la Reserva Natural El Hatico en el valle del Cauca.



El capítulo 7 presenta los resultados de una investigación realizada con insectos chupadores asociados al pasto kikuyo *Cenchrus clandestinus* (Poaceae) en sistemas ganaderos altoandinos, en Rionegro (Antioquia). En el capítulo 8 se presenta el impacto del insecto *Heteropsylla cubana* (Psyllidae) en sistemas silvopastoriles de *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) en Cuba. El capítulo 9 presenta los resultados de una investigación realizada con el barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* (Pyralidae) asociado a las caobas de la Reserva Natural El Hatico en el Valle del Cauca. El capítulo 10 incluye la biología, tipo de daño y enemigos naturales de pega-pega, una micropolilla del género *Apotoforma* (Tortricidae), asociada a la *Leucaena leucocephala* en los sistemas silvopastoriles del valle del río Cesar. Finalmente, el capítulo 11 presenta una síntesis de la problemática causada por el manejo de agroquímicos en los sistemas productivos y las recomendaciones para su uso adecuado.

Se espera que el presente libro contribuya a concientizar a los productores ganaderos sobre la importancia de utilizar métodos alternativos de control de insectos herbívoros para fortalecer los procesos de transformación de los sistemas de ganadería convencional hacia sistemas silvopastoriles.

El proyecto “Ganadería Colombiana Sostenible” ha promovido con éxito la transformación de la ganadería colombiana a partir de la rehabilitación de los suelos, la protección de bosques, la descontaminación de las fuentes de agua, la conservación de la flora local, la protección de la biodiversidad y el manejo racional de agroquímicos y medicamentos veterinarios. Depende de todos que esta transformación avance con éxito para que podamos entregarles a las próximas generaciones un patrimonio natural fortalecido.

Fotografías

Karen Castaño Quintana: Figura 2 y 4.
Carolina Giraldo: Figura 1.
Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible: Figura 3.

Literatura citada

Barahona, R., Sánchez, M.S., Murgueitio, E., Chará, J. 2014. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En: Premio Nacional de Ganadería José Raimundo Sojo Zambrano, modalidad Investigación Científia. Bogotá, Colombia. Revista Carta Fedegán 140:66-69.

Broom, D.M., Galindo, F.M., Murgueitio, E. 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. Proceedings of the Royal Society Biological Sciences 280:2013–2025.

Buitrago–Guillen, M. E., Ospina–Daza, L. A., Narváez-Solarte, W. 2018. Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural. 22 (1): 31-42.

Chará, J., Reyes, E., Peri, P., Otte, J., Arce, E., Schneider, F. 2019. Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America. FAO, CIPAV and Agri Benchmark, Cali, 60 pp.

FAO, 1991. Guidelines: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58. http://www.fao.org/3/t0412e/t0412e.pdf

FAO, 2015. Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. http://www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/es/

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G., 2013. Tackling Climate Change Through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. FAO, Rome. 115p.

Giraldo, C., Escobar, F., Chará, J., Calle, Z. 2011. The adoption of silvopastoral system promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. Insect Conservation and Diversity. 4:115-122.

Hurst, P., Termine, P., Karl, M., 2005. Agricultural workers and their contribution to sustainable agriculture and rural development. FAO, Rome. http://www.fao.org/3/af164e/af164e00.pdf

Kaasschieter, G. A., de Jong, R., Schiere, J. B., Zwart, D. 2012. Towards a sustainable livestock production in developing countries and the importance of animal health strategy therein. Veterinary Quarterly 14: 66-75.

Kaufmann, T. 2015. Sustainable livestock production: Low emission farm – The innovative combination of nutrient, emission and waste management with special emphasis on Chinese pig production. Animal Nutrition 1: 104–112.

Mora Marín, M.A., Ríos Pescador, L., Ríos Ramos, L., Almario Charry, J.L. 1999. Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. En: Sánchez, M.D., Rosales Méndez, M. (Eds). Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 143. 515p.

Murgueitio, E., Ibrahim, M. 2009. Ganadería y medio ambiente en América Latina. En: Murgueitio, E., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F. (eds). Ganadería del futuro. Investigación para el desarrollo. 2da edición. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 490p.

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecology and Management 261: 1654–1663

Paz-Cardona, A. J., 2018. Ganadería en Colombia ¿Dónde si y dónde no? Mongabay. https://es.mongabay.com/2018/09/ganaderia-en-colombia-restriccion-areas/

Pinzón, M.E. 1984. Historia de la Ganadería Bovina en Colombia. Suplemento Ganadero Vol 4. No. 1. Banco Ganadero. Bogotá, Colombia. 208p.

Proyecto GCS, 2019. Informe Semestral No. 17 Enero - Junio 2019. FEDEGÁN, TNC, FONDO ACCIÓN, CIPAV. 81p.

Rico, G. 2017. Colombia: ¿Existe y es viable la ganadería sostenible? Mongabay Latam. Periodismo ambiental independiente. https://es.mongabay.com/2017/12/colombia-existe-viable-la-ganaderia-sostenible/

Rojas-Downing, M.M., Pouyan, A., Harrigan, T., Woznicki, S.A. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. Climate Risk Management 16: 145–163.

Ruiz, J.P., Murgueitio, E., Ibrahim, M., Zuluaga, A. 2011. Proyecto regional enfoques silvopastoriles integrados para el manejo ecosistemas (2002-2008). En: Chará, J., Murgueitio, E., Zuluaga, A., Giraldo, C. (Eds). Ganadería Colombiana Sostenible. Mainstreaming Biodiversity in Sustainable Cattle Ranching. 1-17p.

UNAL- Universidad Nacional de Colombia, 2015. En 20 años Colombia aumentó uso de plaguicidas en un 360 %. Agencia de noticias UN. http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/en-20-anos-colombia-aumento-uso-de-plaguicidas-en-un-360.html

CAPÍTULO 2

Alternativas de manejo de organismos plaga en sistemas de producción sostenible

Karen Castaño-Quintana[1,2]
Carolina Giraldo[1]
Julián Mendivil[1,2]

[1]*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.*
[2]*Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali-Colombia.*
karen@fun.cipav.org.co

Resumen

En los sistemas de ganadería sostenible, los organismos plaga pueden ocasionar daño tanto a los animales de uso productivo, como a las plantas cultivadas para su alimentación. Sin embargo, la mayoría de las especies que se encuentran en los sistemas agropecuarios, son organismos benéficos o insectos que no generan ningún tipo de daño a los agroecosistemas. Por esta razón, en este capítulo se presenta información relevante sobre las interacciones ecológicas que se pueden encontrar en sistemas ganaderos sostenibles, así como los organismos que pueden formar parte de dichas relaciones. De esta forma, se pretende resaltar la importancia de la biodiversidad asociada a los sistemas productivos y explicar que sólo una pequeña proporción de especies pueden llegar a convertirse en plagas y ocasionar daños económicos. El control de estas plagas se puede realizar a través de las diferentes estrategias y tácticas que hacen parte del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Para hacerlo de una manera exitosa, el umbral de daño económico es un dato clave que ayuda a identificar el momento adecuado para tomar las medidas de manejo y control de las especies plagas. Sin embargo, su falta de practicidad y poco uso en el campo, dificulta su empleo en el sector agropecuario, por lo que se terminan tomando decisiones inadecuadas en el manejo de las plagas. Este capítulo presenta un método sencillo y práctico para estimar la densidad de los organismos plaga en los cultivos a través de monitoreos, con el fin orientar las decisiones sobre las medidas de control y proteger el medio ambiente.

Introducción

Los insectos, miriápodos, escorpiones y otros organismos artrópodos, han existido desde hace aproximadamente 400 millones de años y hacen parte de los primeros animales terrestres que habitaron el planeta (Grimaldi & Engel 2005). El ser humano, entre tanto, habita la tierra desde hace unos 100 mil a 300 mil años, es decir, tiene una aparición reciente en el planeta (Tobias *et al.* 2001). Sin embargo, desde que el humano desarrolló y practicó la agricultura, hace unos 10.000 o 16.000 años (Gray *et al.* 2010) inició una competencia por los recursos alimenticios con varios de estos organismos (que denomina plagas) y que tienen una historia evolutiva más prolongada.

Los esfuerzos humanos para controlar especies indeseadas tienen una larga historia. Los primeros intentos de control en la agricultura fueron probablemente muy directos e incluyeron la selección y destrucción de insectos, la extracción o corte de malezas y la eliminación de las fuentes de alimentos en descomposición (Rasmussen *et al.* 2019). Algunas actividades de control de plagas fueron involuntarias e incluyeron la rotación o el movimiento de cultivos (Gray *et al.* 2010), y la selección, más o menos inconsciente, de semillas de plantas resistentes (Rasmussen *et al.* 2019). A través del tiempo, el ser humano ha continuado desarrollando diferentes estrategias para enfrentar y controlar a los organismos plaga.

A finales del siglo XIX se descubrieron compuestos inorgánicos que ofrecían impresionantes propiedades insecticidas y fungicidas para la eliminación de plagas y enfermedades en las áreas cultivadas. En 1865, por ejemplo, el escarabajo de la papa de Colorado *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) fue controlado por el verde de París (acetoarsenito de cobre), uno de los primeros insecticidas sintéticos, que era usado también como pigmento verde esmeralda (Metcalf 1994). A éste le sucedieron otros numerosos compuestos, entre los cuales se destaca el insecticida DDT (dicloro difenil tricloroetano), cuyo descubrimiento en 1939 por Paul Müller marcó un hito histórico y por el cual se le concedió el premio Nobel a este investigador. Desde entonces, se promovió el uso extensivo y desmesurado de dicho compuesto en el control de insectos en sistemas productivos, silvícolas y en la protección del ganado

(Gray *et al.* 2010), así como también, para prevenir epidemias de enfermedades transmitidas por insectos, como la fiebre amarilla y la malaria (Sundén-Byléhn 2007).

No obstante, en 1946, se reportó uno de los principales problemas del control químico: el desarrollo de la resistencia a plaguicidas. En aquel momento, se registró la resistencia de la mosca doméstica *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) en Suecia y Dinamarca al DDT (Metcalf 1994).

A pesar del problema de resistencia, el control de especies no deseadas en sistemas productivos continuó a través de la aplicación de plaguicidas de síntesis química. La industria de los plaguicidas creció globalmente en la década de 1960 y continuó su expansión en las décadas de los años 70 y 80, cuando se produjeron diferentes compuestos químicos tóxicos, de bajo costo (Peshin & Zhang 2014). Esta situación favoreció el uso desmedido e irrestricto de plaguicidas, que además de agravar y ampliar a otros organismos el problema de resistencia, generó otros daños importantes como la contaminación del ambiente (agua, suelos, alimentos) y afectaciones a la salud y el bienestar de los animales y el hombre.

A la fecha, el control químico sigue siendo el método más empleado para regular o eliminar las poblaciones de organismos plaga. Con el fin de mitigar los efectos causados por el uso de plaguicidas, el Manejo Integrado de Plagas – MIP, surge como una medida que procura el control con un mínimo impacto al medio ambiente, fortaleciendo las interacciones y sinergias del ecosistema, con una dependencia mínima de insumos químicos.

El MIP involucra el uso armónico de diferentes estrategias y técnicas para el control (biológicas, mecánicas, culturales, entre otras), algunas de las cuales ya eran practicadas por nuestros antepasados para evitar o reducir el ataque de plagas. El MIP ha logrado rescatar y fortalecer estos métodos de control debido a su efectividad y bajo o nulo impacto ambiental. A lo largo del capítulo se describen las diferentes técnicas de control y cómo pueden emplearse en los sistemas agropecuarios sostenibles. Además, se esclarece el término plaga y cuándo, de acuerdo con los conceptos del MIP, es el momento indicado para actuar y realizar métodos de control en los sistemas productivos.

Muchas especies que se encuentran en los sistemas productivos NO son plagas

Antes de mencionar las técnicas y estrategias empleadas para controlar organismos plaga, es importante aclarar que la mayoría de los organismos que se encuentran en los sistemas productivos No son plagas y No generan efectos negativos sobre las plantaciones o animales de las fincas. Cada ser vivo cumple una función ecológica importante que contribuye al funcionamiento y a la sostenibilidad de los recursos naturales en el planeta. Por esta razón, los humanos debemos respetar las diferentes formas de vida, proteger la biodiversidad y evitar la pérdida de especies en los sistemas naturales y productivos.

La simplificación de los ecosistemas para el establecimiento de cultivos y potreros ganaderos, genera destrucción de los hábitats y por consiguiente, la pérdida de algunas especies y la reducción en la función ecológica de los organismos benéficos.

Relaciones ecológicas

En la naturaleza existen diferentes tipos de relaciones ecológicas entre organismos y cada una de ellas es importante para el funcionamiento de los ecosistemas naturales y productivos. Algunas de las relaciones claves que podemos encontrar en sistemas productivos se mencionan a continuación:

- Comensalismo
- Depredación
- Parasitoidismo
- Mutualismo

• Comensalismo

Es un tipo de relación donde un miembro se beneficia, pero el otro, ni se beneficia ni se perjudica (Solomon *et al.* 2008). En la naturaleza existen múltiples ejemplos de organismos comensalistas que utilizan a otros como fuente de recursos (sitio de refugio, vivienda, anidamiento, alimento, protección, etc). Algunos de éstos se establecen de manera exitosa en los sistemas de ganadería sostenible. La garcita del ganado *Bubulcus ibis* (Pelecaniformes: Ardeidae), por ejemplo, es un caso conocido de comensalismo, porque aprovecha el paso de los animales para alimentarse de los insectos que se mueven durante el pastoreo (Schowalter 2011). Algunas especies de aves, abejas, hormigas, avispas, y muchos otros organismos utilizan a las plantas para anidar o alimentarse sin ocasionarles daño.

Figura 1. Garcita del ganado *Bubulcus ibis* asociada a sistemas silvopastoriles intensivos con leucaena *Leucaena leucocephala*. Se acerca al ganado para alimentarse de los insectos que se mueven durante el pastoreo.

- **Depredación**

Es una relación ecológica que existe entre dos organismos: un depredador y una presa. En esta interacción, el depredador ocasiona la muerte de su presa. La supervivencia de los depredadores depende de las adaptaciones que les permiten acechar, seguir, atrapar y consumir a sus presas.

En los sistemas de ganadería sostenible, existe una gran cantidad de depredadores que se adaptan exitosamente a las condiciones de los sistemas. Las aves, por ejemplo, son consideradas los principales organismos depredadores en SSP que contribuyen a la reducción de plagas que afectan tanto a los pastos, los arbustos y los árboles asociados al sistema, como al ganado bovino.

Las aves conocidas comúnmente como garrapateros pertenecientes a las especies *Crotophaga ani* y *Crotophaga sulcirostris* (Cuculiformes: Cuculidae), la garcita del ganado *Bubulcus ibis* y el pigua *Milvago chimachima* (Falconiformes: Falconidae), son reconocidas por ser depredadoras de garrapatas en los sistemas de ganadería sostenible.

Figura 2.A.
Garrapatero o cocinera
Crotophaga ani

Figura 2.B.
Garrapatero o cocinera
Crotophaga sulcirostris

Figura 2.C.
Garcita del ganado
Bubulcus ibis

Figura 2.D.
Pigua
Milvago chimachima

Figura 3.A.
Chupahuevos
Campylorhyncus griseus

Figura 3.B.
Pellar
Vanellus chilensis

El ave *Campylorhyncus griseus* (Passeriformes: Troglodytidae) se asocia a los sistemas silvopastoriles y depreda a "maría pirata" *Prosarthria teretrirostris* (Orthoptera: Proscopiidae) un insecto herbívoro asociado a leucaena *Leucaena leucocephala* (detalles en el capítulo 4).

Las aves en general son depredadores fundamentales para el funcionamiento de los sistemas ganaderos. En el capítulo 6 se describen las especies que contribuyen al control biológico de la hormiga arriera en ecosistemas naturales y productivos. Entre otras se destacan el pellar *Vanellus chilensis* (Charadriiformes: Charadriidae) y el coclí *Therysticus caudatus* (Pelecaniformes: Threskiornithidae).

En un sistema silvopastoril diversificado, pueden coexistir varios organismos depredadores que hacen contribuciones importantes a la regulación de plagas. Las hormigas, arañas, cucarrones, mantis, crisopas, avispas, lagartijas, libélulas, iguanas, ranas, armadillos y felinos, son algunos de los ejemplos de organismos depredadores que podemos encontrar en las fincas ganaderas y que contribuyen al control biológico de organismos indeseados en las áreas productivas.

En agroecosistemas con poca o nula aplicación de agroquímicos, se facilita la acción de los depredadores sobre especies plaga. Por esta razón, es importante evitar el uso de agroquímicos en las fincas ganaderas y promover la recuperación de hábitat y recursos para que los depredadores benéficos puedan establecerse.

Figura 4.A.
Araña depredadora

Figura 4.B.
Nido de hormigas depredadoras del género *Azteca*

Figura 4.C.
Avispa

Figura 4.D.
Rana

Figura 4.G.
Hormigas depredando una larva del barrenador de la caña *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae)

Figura 4.E.
Libélula

Figura 4.H.
Larva depredadora conocida como crisopa *Crysoperla externa* (Neuropetra: Chrysopidae). Este organismo se utiliza comúnmente en el control biológico de insectos plaga, para lo cual se realizan liberaciones de estas larvas en los cultivos.

Figura 4.F.
Lagarto insectívoro

- **Parasitoidismo**

El parasitoidismo es una relación intermedia entre depredación y parasitismo, que ocurre cuando un organismo (el parasitoide), parasita a otro (el huésped) hasta causarle la muerte. Es una relación en la que sólo el parasitoide se beneficia. Los organismos parasitoides tienen la capacidad de detectar a sus huéspedes generalmente a través de señales químicas y vibraciones. Una vez los localizan, ponen sus huevos en ellos. Las larvas pueden desarrollarse en el interior (endoparasitoide) o en el exterior, sobre el huésped (ectoparasitoide) (Gullan & Cranston 2010).

Los parasitoides se diferencian de los parásitos, principalmente, porque estos últimos no acostumbran a matar al huésped, al contrario, les interesa mantenerlo vivo para obtener nutrientes por un periodo de tiempo largo.

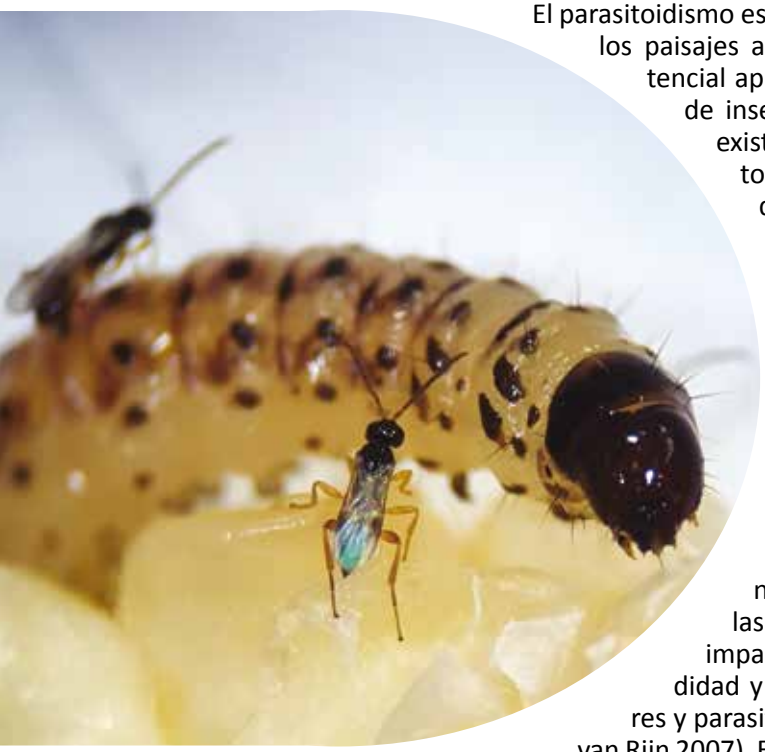


Figura 5. Avispas pequeñas del género *Cotesia* (Hymenoptera: Braconidae) poniendo sus huevos dentro de una larva del barrenador de la caña *Diatraea* sp.

El parasitoidismo es una interacción importante en los paisajes agropecuarios debido a su potencial aplicación en el control biológico de insectos plagas. En la naturaleza, existen diferentes tipos de parasitoides que tienen la capacidad de atacar insectos en diferentes etapas de desarrollo, desde huevos hasta adultos (Kenis *et al.* 2019).

Sin embargo, es importante resaltar que los parasitoides requieren consumir azúcares de las plantas (frutas, néctar, melaza) como fuente de energía para poder volar y ubicar a sus huéspedes. Los nutrientes proporcionados por las plantas pueden tener un gran impacto en la longevidad, la fecundidad y la distribución de depredadores y parasitoides en el campo (Wäckers & van Rijn 2007). En este sentido, es fundamental promover las plantas con flores en los sistemas productivos para favorecer el establecimiento de organismos benéficos que hagan un aporte al control biológico de los insectos indeseados.

En sistemas agrícolas y pecuarios sostenibles, donde hay cobertura vegetal, es posible encontrar avispas parasitoides cuya acción puede pasar desapercibida por los productores debido a que son organismos diminutos difíciles de apreciar a simple vista (Fig. 5), pertenecientes a las familias Braconidae, Chalcididae, Ichneumonidae, Trichogrammatidae, entre otras. Todos con gran importancia ecológica porque ayudan a controlar eficientemente los organismos plaga en las áreas productivas.

Los enemigos naturales son muy susceptibles a los insumos químicos tipo herbicidas, insecticidas y fungicidas. Para favorecer su establecimiento, en fincas ganaderas sostenibles, es indispensable evitar el uso de estos compuestos tóxicos.

Figura 6. Avispa diminuta (tamaño: 3mm de longitud) de la especie *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae). Es un parasitoide de moscas y otros dípteros. Es conocida por parasitar pupas de moscas de la fruta.

Figura 7. Avispa de la familia Torymidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) parasitando avispas que se desarrollan al interior de un higuerón (*Ficus andicola*).

- **Mutualismo**

En la relación de mutualismo, ambos organismos se benefician. Un ejemplo clásico es la relación que existe entre el ganado vacuno y los organismos que viven en su rumen (bacterias, hongos y protozoos). Los bovinos les ofrecen a las bacterias un ambiente propicio dentro del rumen (pH casi neutro) y sustratos adecuados para su desarrollo y mantenimiento; las bacterias les brindan, a cambio, la digestión de la celulosa presente en las paredes celulares de pastos y plantas forrajeras, que por sí solos los bovinos no pueden digerir (Solomon *et al*. 2008, Castillo-Gonzáles *et al*. 2014).

Figura 8. Los colibríes son aves polinizadoras que habitan en los sistemas ganaderos sostenibles.

En los sistemas de ganadería sostenible se presentan múltiples relaciones de mutualismo, pero tal vez una de las más importantes para el funcionamiento del sistema productivo, es la que ocurre en el suelo, con las llamadas micorrizas.

Las micorrizas son el resultado de una asociación simbiótica entre las raíces de las plantas y ciertos hongos. La planta se beneficia porque el hongo aumenta la superficie de absorción de las raíces y facilita la extracción de nutrientes minerales y agua. Por su parte, el hongo obtiene de la planta hidratos de carbono y vitaminas que él por sí solo no es capaz de sintetizar.

Entre las bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium* y las plantas leguminosas, también existe una relación de simbiosis. Las bacterias se alojan dentro de los nódulos de las raíces de las plantas, se encargan de fijar el nitrógeno atmosférico y dejarlo disponible para la nutrición de la planta. Por su parte, las plantas les ofrecen a las bacterias, azúcares y otras moléculas orgánicas que ellas requieren como fuente de energía. Ambos organismos se benefician de esta relación y se necesitan para poder garantizar su supervivencia (Sanjuán 2001).

En los sistemas silvopastoriles es fundamental que las plantas puedan mantener las relaciones simbióticas con los hongos y las bacterias asociadas a ellas, de manera que puedan obtener los beneficios que ambas representan para su nutrición y desarrollo. Por esta razón, es tan importante evitar el uso de agroquímicos en las áreas productivas porque estos productos, principalmente los fungicidas, pueden destruir los microorganismos presentes en el suelo y generar malnutrición y debilidad en las plantas cultivadas.

La polinización es otro de los ejemplos de mutualismo que se da entre una planta y un animal. Algunas especies de murciélagos y aves, por ejemplo, se alimentan del néctar o frutos que les proporcionan las especies vegetales. De esta forma, mientras estos animales toman el néctar, ayudan a polinizar las plantas en ecosistemas naturales y cultivados (Landry 2010). En el proceso de alimentarse de los frutos, varios organismos ayudan a las plantas a dispersar sus semillas. De esta manera, ambas especies se benefician porque el animal obtiene alimento y la planta logra mayor éxito en la propagación de su descendencia.

Debido a que un gran número de plantas tienen las estructuras reproductivas femeninas y masculinas separadas en plantas individuales (condición dioica), las especies vegetales deben recurrir a diferentes mecanismos para lograr la fecundación y producción de semillas y frutos que asegurarán su reproducción. En este sentido, el transporte del polen (parte masculina) de una planta a otra, por organismos polinizadores como insectos, aves y murciélagos, juega un papel fundamental en la reproducción de las plantas. De acuerdo con Schowalter (2011), la polinización es necesaria para el 60-70% de todas las especies vegetales y para el 35% de la producción mundial de cultivos (Klein *et al.* 2007, Losey & Vaughan 2006). Algunas plantas tienen una relación específica con un tipo particular de polinizador, por lo tanto, si éste no está presente en el sistema, la planta no podrá reproducirse.

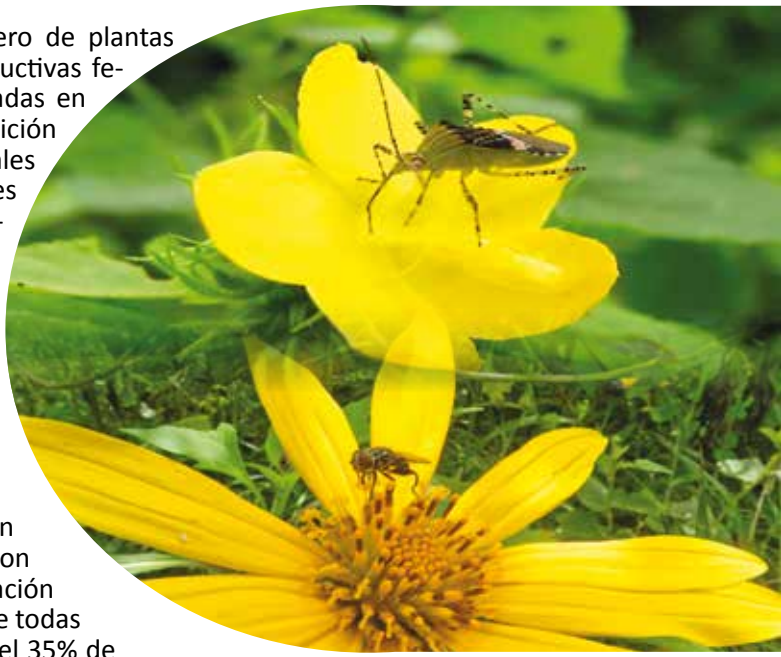


Figura 9. Insectos que ayudan en el proceso de polinización. Arriba: Chinche. Abajo: mosca de las flores.

Los insectos son los principales polinizadores para muchas especies vegetales de los trópicos (Bawa 1990). Abejas, avispas, cucarrones, mariposas, polillas, sírfidos o moscas de las flores y abejorros, son algunos de los insectos que podemos encontrar en sistemas agroecológicos que prestan el servicio de polinización. Por esta razón, es tan importante promover los sistemas de ganadería sostenible que ofrezcan recursos para la biodiversidad local. Las cercas vivas, los árboles dispersos en potrero, los setos forrajeros, los sistemas silvopastoriles intensivos y los bancos forrajeros, son usos de la tierra que permiten la integración de árboles y arbustos nativos con flores y frutos (arvenses nobles) que favorecen el establecimiento de polinizadores en las áreas productivas.

Descomponedores

Otros organismos claves para el funcionamiento de los ecosistemas son los descomponedores, que se alimentan de la materia orgánica residual de origen vegetal o animal. Estos organismos son considerados benéficos, debido al servicio que ofrecen de degradar materia orgánica y liberar minerales y nutrientes al suelo, que pueden ser reutilizados en el ecosistema (van Huis *et al.* 2013).

Las moscas, hormigas, cucarachas, termitas, escarabajos, lombrices, cochinillas, diplópodos o mil pies, hongos y bacterias son organismos descomponedores que podemos encontrar en los sistemas de ganadería sostenible.

Los descomponedores pueden contribuir a la regulación indirecta de organismos plaga, como ocurre con los escarabajos estercoleros, quienes son los encargados de remover el estiércol en ecosistemas naturales y productivos (MacEvilly 2000). Los escarabajos entierran porciones de excremento en el suelo para poner dentro de ellas sus huevos. En el proceso de enterramiento del estiércol, eliminan los sitios de reproducción de la mosca de los cuernos *Haematobia irritans* (Giraldo *et al.* 2011) y de parásitos gastrointestinales que afectan la salud de los animales.

Figura 10. Organismos descomponedores. Izquierda: Diplópodo. Derecha: Hongos.

Para aumentar las poblaciones de escarabajos estercoleros en sistemas ganaderos, es indispensable incrementar la cobertura arbórea en los predios con el fin de generar mayor cantidad de sombra y hojarasca. Otro factor de gran importancia para preservar estos escarabajos en las fincas ganaderas, consiste en evitar el uso de antiparasitarios (ivermectinas), debido a que son de acción residual, se excretan en las bostas bovinas y afectan la supervivencia y tasa de reproducción de estos insectos (Martínez & Lumaret 2006). En su lugar, se recomienda utilizar antiparasitarios tipo albendazol o levamizol, los cuales tienen una menor acción residual.

Figura 11. Escarabajo estercolero *Canthon lituratus*, asociado a sistemas ganaderos. El escarabajo forma una bola de estiércol y la rueda para enterrarla y poner sus huevos.

Proteger los organismos depredadores, parasitoides y descomponedores y facilitar las relaciones de comensalismo y mutualismo entre los organismos que habitan los sistemas productivos, es una estrategia efectiva para aumentar la regulación natural de organismos plaga en las áreas productivas. En este caso, depende de la iniciativa de los productores, diseñar sistemas de producción sostenibles que ofrezcan recursos para la fauna benéfica: flores, frutos, semillas, sombra, hojarasca y ambientes libres de agroquímicos y medicamentos veterinarios.

¿Cuándo un organismo se convierte en plaga?

Los organismos pueden llegar a convertirse en plagas cuando sus actividades entran en conflicto con las necesidades, ganancias o incluso el bienestar de las personas (Gullan & Cranston 2010). Dentro de los organismos que pueden ser plagas se encuentran aquellos que afectan la salud, como lo hacen algunos zancudos vectores de enfermedades, o aquellos que producen alergias y molestias como las avispas y cucarachas (Flint & van den Bosch 1981).

Figura 12. El caracol africano (Molusco) es un organismo plaga distribuido ampliamente en Colombia.

De acuerdo con la FAO (2017), una "plaga" es cualquier especie, cepa o biotipo, o agente patógeno, que causa daño a las plantas, a productos vegetales, materiales o al ambiente, e incluye aquellos organismos que son vectores de parásitos o enfermedades para los humanos y animales, así como aquellos que causan molestias en la salud pública.

Las plagas más conocidas son aquellas que causan daño a plantaciones o cultivos agrícolas. Estos daños generalmente son ocasionados por insectos herbívoros a través del consumo de hojas y otras partes vegetales, así como por la transmisión de enfermedades y patógenos a las plantas.

Sin embargo, las plagas pueden pertenecer a diferentes grupos de organismos vivientes. Esto quiere decir que no sólo los insectos son plagas, sino que otros organismos invertebrados como ácaros, garrapatas, nemátodos, moluscos o especies vertebradas como roedores, ciervos y diferentes tipos de aves pueden llegar a ser plagas.

Los organismos no son plaga por sí solos, sino que, bajo determinadas circunstancias, se pueden convertir en plagas. Por ejemplo, cuando ciertas poblaciones de insectos aumentan sin ningún control, ya sea porque encuentran condiciones particulares que favorecen su reproducción o porque han perdido sus enemigos naturales. En este caso estos insectos pueden convertirse en plagas.

En los sistemas de producción sostenible es muy importante que los productores aprendan a identificar cuándo un organismo se comporta como plaga y es necesario establecer medidas de control para evitar alterar la fauna benéfica asociada a los sistemas cultivados.

Los productores deben tener presente que la sola presencia de insectos en los sistemas productivos no representa peligro desde el punto de vista económico. Por ejemplo, la aparición puntual de la larva de *Megalopyge* sp. (Lepidoptera: Megalopygidae) en algunos árboles de caoba en la Reserva Natural El Hatico, durante 2016, solo ocasionó la defoliación de algunas ramas sin afectar o dañar a las caobas. En ese caso, no fue necesario implementar métodos de control ya que el insecto apareció y a los pocos meses desapareció sin causar daños.

Figura 13. Larva de *Megalopyge lanata* en una hoja de caoba en la Reserva Natural El Hatico.

Las plantas son capaces de tolerar altos niveles de herbivoría o lesiones en hojas y/o raíces, sin presentar una pérdida significativa de vigor o sanidad (Gullan & Cranston 2010). En muchos casos, los efectos sobre las plantas son sólo estéticos y, por lo tanto, no es necesario establecer medidas de control. Sin embargo, para estar seguros de que las poblaciones del organismo que está atacando no se incrementen hasta un nivel en el que puedan llegar a generar pérdidas para el cultivo o causen lesiones importantes a los animales, es indispensable realizar monitoreos constantes para conocer su abundancia y determinar cómo fluctúan naturalmente sus poblaciones durante las diferentes épocas del año.

¿En qué consiste el Manejo Integrado de Plagas – MIP?

El Manejo Integrado de Plagas se puede definir como la práctica de prevenir o eliminar poblaciones dañinas de insectos plagas mediante la aplicación de una o múltiples tácticas de control, coordinadas individual o armoniosamente en una estrategia de gestión basada en análisis de costo/beneficio que tiene en cuenta los intereses y los impactos en los productores, la sociedad y el medio ambiente (Kogan 1998). Las tácticas son los diversos métodos que se utilizan para controlar la especie en cuestión, por ejemplo, métodos químicos, biológicos, físicos o culturales (Gray *et al*. 2010).

Con estas prácticas se pretende reducir la utilización de plaguicidas y minimizar los riesgos para el medio ambiente y la salud humana y animal. El MIP enfatiza en el crecimiento de un cultivo saludable con la mínima utilización de productos de síntesis química en los agroecosistemas y, además, incentiva los mecanismos naturales de control de plagas (FAO 2017).

El MIP también incluye medidas que ayudan a retardar el desarrollo de poblaciones plagas (por ejemplo, prevención, monitoreo, pronóstico y diagnóstico temprano). Un aspecto importante del MIP es la adecuada toma de decisiones para cualquier intervención. Todas las decisiones deben ser justificadas tanto económica como ecológicamente. Por lo tanto, los programas de manejo que involucren la aplicación constante de productos químicos no son aceptables en el MIP. En su lugar, se debe dar prioridad a las tácticas de prevención y control alternativo (FAO 2017).

Para que el MIP sea exitoso es necesario acudir al conocimiento de la biología de los insectos plaga, sus enemigos naturales y el cultivo para permitir el uso racional de una variedad de técnicas de control en diferentes circunstancias. Si se aplican plaguicidas como parte del MIP, éstos deben ser, en lo posible, de bajo nivel de toxicidad y se deben definir los umbrales económicos o de tratamiento, y monitorear sus efectos sobre los enemigos naturales (Gullan & Cranston 2010).

Algunos conceptos importantes para entender los principios y métodos que usa el MIP en el manejo de plagas se describen en el capítulo 3. Sin embargo, es importante mencionar aquí algunos de ellos. En primer lugar, es valioso señalar que el éxito económico de la producción agropecuaria está determinado por la diferencia entre los costos de producción y los ingresos de las ventas (carne, leche, frutas, plantas), lo cual depende no sólo de la cantidad y calidad del cultivo, sino también de cómo se comercializa. Las plagas y su manejo pueden afectar tanto el cultivo como la comercialización al adicionar costos de producción. Por lo tanto, las medidas de control se deben emplear sólo cuando sean necesarias.

La abundancia de la plaga en la cual el daño económico es exactamente igual al costo de control se llama Nivel de Daño Económico-NDE. Sin embargo, cuando las medidas de control se realizan muy por debajo de los niveles del NDE, los costos de control pueden ser grandes ya que se estaría realizando un control cuando probablemente no es necesario hacerlo. Por otro lado, cuando las medidas de control se posponen hasta que la abundancia de la plaga excede el NDE, entonces es posible que ocurra daño económico a pesar de que se apliquen medidas de control inmediatas. Por tanto, debido a que usualmente es imposible aplicar controles cuando la población de la plaga alcanza el NDE, las medidas de control son normalmente iniciadas cuando la abundancia de la plaga está ligeramente por debajo del NDE, lo cual es conocido como Umbral de Daño Económico - UDE. Aplicar medidas de control cuando las plagas alcanzan el umbral de daño económico evita daños económicos en el cultivo.

Determinar los umbrales de daño económico en los cultivos es algo complejo y poco práctico de realizar (ver capítulo 3 para mayor detalle), pero precisamente esa determinación es la clave para tomar cualquier medida de control. Por esta razón, en este capítulo se ofrecen alternativas de control que están a la mano de los productores y que, además, son de fácil aplicación en campo. Estas alternativas se enfocan en muestreos previos para estimar la abundancia de los insectos, conocer los cambios de la población a través del tiempo y evitar daños en los cultivos cuando aumenta la abundancia de insectos herbívoros, a través de la aplicación de estrategias de control seguras y amigables con la fauna benéfica que se encuentra asociada al sistema. Los monitoreos permiten generar alertas tempranas de potenciales insectos dañinos en los cultivos.

¿Cómo hacer un monitoreo sencillo de los insectos asociados a un sistema cultivado?

Existen diferentes métodos para el monitoreo de insectos herbívoros asociados a las plantas cultivadas, de fácil aplicación por parte de los productores. Con estos métodos se pretende reunir información valiosa sobre el incremento de la población de aquellas especies indeseadas y así establecer medidas de control. Algunos de estos procedimientos se detallan a continuación:

- **Captura manual y visualización**

La zona del cultivo, del sistema silvopastoril o del pasto, se puede subdividir en diferentes cuadrantes de acuerdo con la cantidad de área en la que se observen daños en las plantas causados por herbívoros. En una porción de cada cuadrante, se establece un zig-zag con 4 puntos de muestreo (Figura 14).

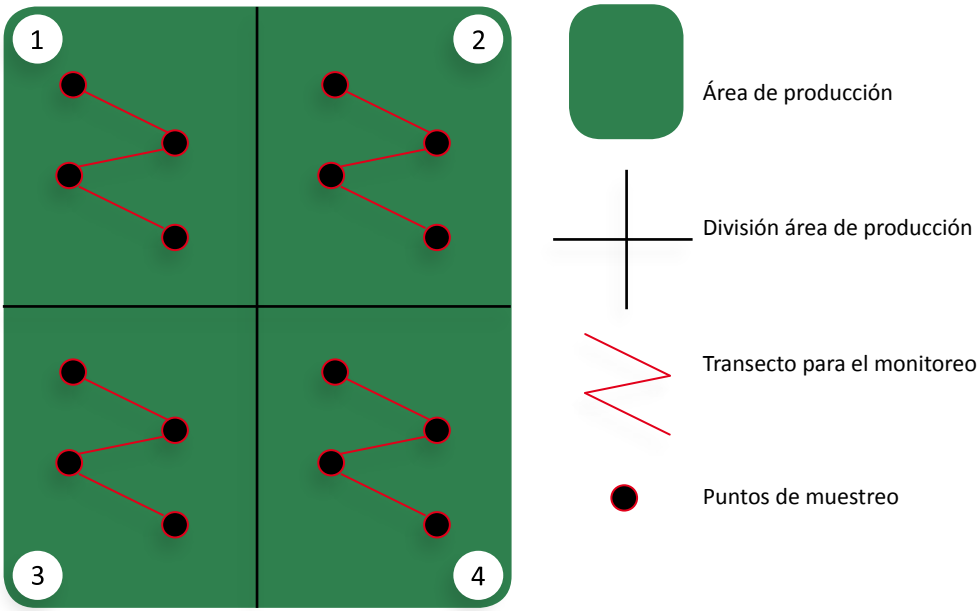


Figura 14. Esquema del monitoreo en zig-zag para la captura manual de insectos herbívoros en las áreas productivas.

Una forma de recolectar los organismos que están generando el daño en los sistemas es agitando las plantas a evaluar y poner debajo de ellas una tela blanca en la cual caen los insectos allí presentes. También es posible realizar colecta manual de los individuos que se encuentren en las plantas o utilizar una jama entomológica para hacer pases manuales en cada estación (Figura 15). Los insectos se colectan en frascos plásticos con tapa, y se separan por diferenciación morfológica visual (forma, color, tamaño).

Los productores no tienen que colectar todos los insectos que aparecen en el monitoreo. Pueden concentrar su esfuerzo en aquellos que sean abundantes y que puedan estar defoliando o afectando de alguna manera al cultivo. En una planilla o en cuaderno de apuntes, se debe registrar la información básica que se requiere para el monitoreo, tal como lo presenta el siguiente ejemplo:

Figura 15. Utilización de Jama o red entomológica para captura de insectos en plantas.

Finca: La Martina

Fecha: 08/07/2017 **Persona a cargo:** Juan Rodríguez

Observaciones: En los lotes de leucaena se ven las plantas mordidas y algunos insectos se han comido sus rebrotes. En esta época ha llovido bastante en la finca.

Lote	Cultivo	Descripción del organismo	Cantidad
1	Silvopastoril con leucaena	Gusano gris	12
1	Silvopastoril con leucaena	María pirata	5
2	Silvopastoril con leucaena	Gusano gris	3
2	Silvopastoril con leucaena	María pirata	7
3	Silvopastoril con leucaena	Gusano gris	9
3	Silvopastoril con leucaena	María pirata	2
4	Silvopastoril con leucaena	Gusano gris	8
4	Silvopastoril con leucaena	María pirata	4
Promedio	**Silvopastoril con leucaena**	**Gusano gris**	**8**
Promedio	**Silvopastoril con leucaena**	**María pirata**	**4,5**

En este ejemplo, el productor confirma que tiene dos insectos que están asociados a los sistemas silvopastoriles y que sus poblaciones son más altas que los otros insectos observados en los lotes con leucanea. A pesar de esto, el productor toma la decisión de no aplicar ninguna medida de control porque sabe que su cultivo no está afectado en gran proporción por los herbívoros hallados. Además, el ganado tiene suficiente forraje para su alimentación y las plantas no se observan enfermas, ni con síntomas de debilidad.

Dos meses después, el productor observa que el daño se hace cada vez mayor, entonces decide hacer otro monitoreo y revisar de nuevo las poblaciones de los insectos asociados al sistema silvopastoril, para lo cual utiliza el mismo método de monitoreo. Esta vez encuentra lo siguiente:

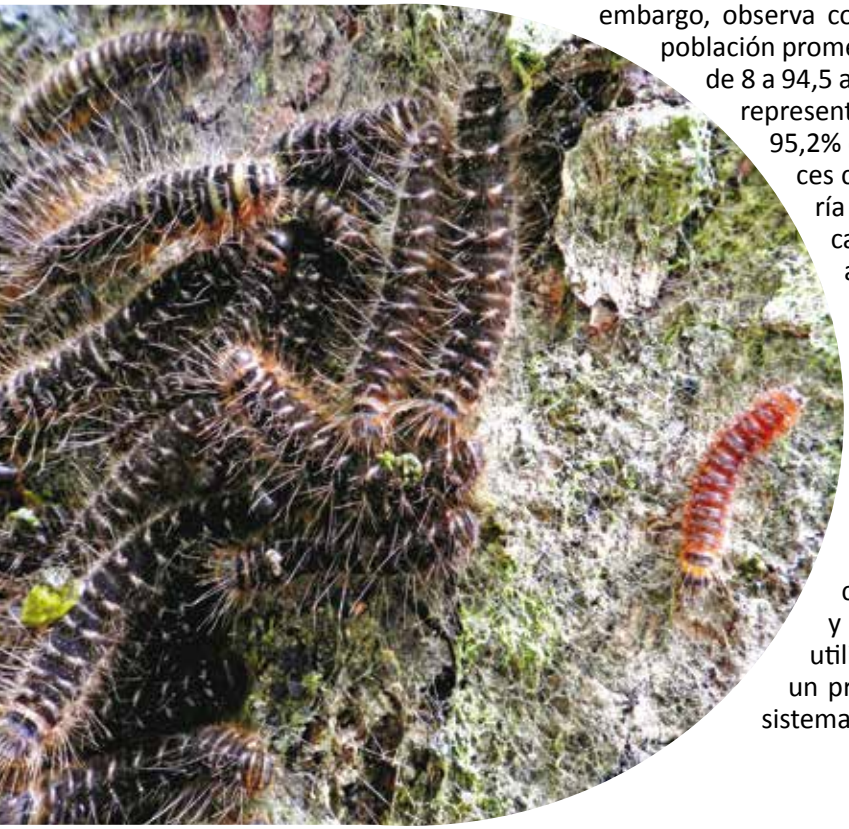
Finca: La Martina

Fecha: 10/09/2017 **Persona a cargo:** Juan Rodríguez

Observaciones: En los lotes de leucaena se ven las plantas peladas, sin hojas y sin rebrotes. La sequía ya empezó y hace más de un mes y medio que no llueve en la finca. No se le ha puesto riego al cultivo.

Lote	Cultivo	Descripción del organismo	Cantidad
1	Silvopastoril con leucaena	Gusano gris	84
1	Silvopastoril con leucaena	María pirata	1
2	Silvopastoril con leucaena	Gusano gris	104
2	Silvopastoril con leucaena	María pirata	2
3	Silvopastoril con leucaena	Gusano gris	78
3	Silvopastoril con leucaena	María pirata	2
4	Silvopastoril con leucaena	Gusano gris	112
4	Silvopastoril con leucaena	María pirata	2
Promedio	**Silvopastoril con leucaena**	**Gusano gris**	**94,5**
Promedio	**Silvopastoril con leucaena**	**María pirata**	**1,7**

El productor observa que, en los últimos dos meses, las poblaciones de maría pirata pasaron en promedio de 4,5 a 1,7 individuos por lote, lo que sugiere que no es este organismo el que está causando el daño al cultivo. Sin embargo, observa con preocupación que la población promedio de gusano gris pasó de 8 a 94,5 animales por lote, lo cual representa un incremento del 95,2% de la población y entonces confirma que la herbivoría del "gusano gris" está causando problemas en el área de producción. En este momento, el productor puede tomar la decisión de establecer algún método de control para evitar que las poblaciones del insecto sigan subiendo en su sistema productivo. Veremos más adelante cómo tomar la decisión y cuál método de control utilizar cuando se identifica un problema de plaga en un sistema de producción.



- **Trampas atrayentes amarillas**

Esta trampa consiste en un rectángulo de acrílico de 20x25cm de color amarillo con una película adhesiva, en la cual quedan adheridos los insectos atraídos por el color. La efectividad de atracción del color amarillo ya ha sido comprobada. El pegante es de fácil consecusión en ferreterías locales y es comúnmente utilizado para atrapar moscas o incluso roedores. Este pegante se dispersa en una película fina sobre el acrílico y puede permanecer allí durante varios meses porque es resistente al agua.

El área cultivada se divide en cuadrantes, como ya se explicó y se instala una trampa atrayente en cada lote de cultivo (Figura 16).

Las trampas se pueden dejar instaladas permanentemente en el campo y, en lo posible, se deben revisar cada 15 días. Este tipo de trampas son eficaces para la detección y conteo de insectos voladores en los cultivos. Al momento de revisar las trampas, el productor debe retirar con la punta de una navaja, los insectos que haya contado, para garantizar que la trampa quede libre de insectos y así, el siguiente conteo refleje exactamente los cambios que ocurrieron en la población después del monitoreo anterior. Los datos también deben registrarse en planillas, como se presentó en el ejemplo anterior.

La toma de datos permanente en el cultivo permitirá determinar la fenología de los insectos herbívoros, es decir, la abundancia de sus poblaciones a lo largo del año. De esta manera, los productores podrán relacionar si una plaga se incrementa o se reduce en relación con el mes, la temporada de lluvias, la sequía, la aplicación de fertilizantes, entre otros factores que pueden afectar la distribución de los herbívoros.

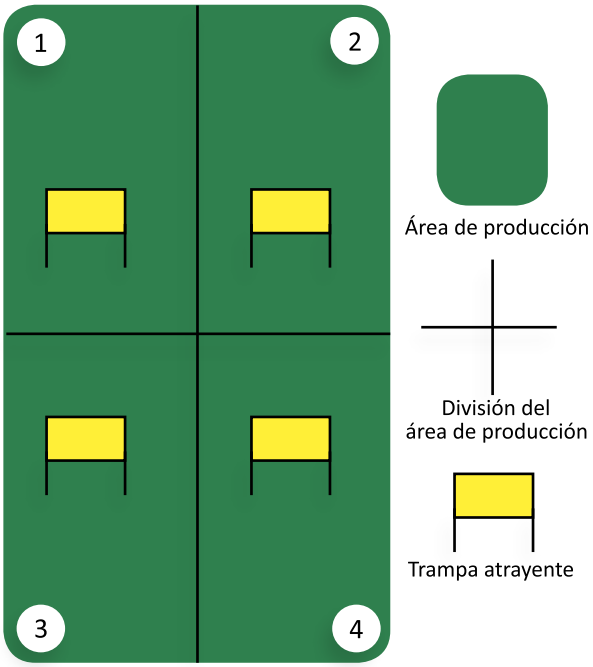


Figura 16. Demostración de la distribución de trampas atrayentes en un cultivo.

- **Trampas de luz**

Las trampas de luz permiten capturar insectos voladores que se asocian al cultivo y presentan fototropismo positivo, es decir, que sienten una fuerte atracción por la luz. Estas trampas además de servir para los monitoreos, son también eficientes para controlar insectos que pueden atacar el cultivo. Las trampas de luz pueden ser elaboradas de manera sencilla en las fincas, aunque también las venden en las tiendas agropecuarias o tiendas especializadas.

Figura 17. Trampa de luz comercial.

La forma casera de hacer una trampa de luz es ubicar un bombillo en un sitio específico del cultivo y poner debajo de éste un frasco recolector al que se le adiciona agua con sal (ver figura 17 para tener una idea). Los insectos deben ser revisados y contados al menos cada tres días para evitar su descomposición. También se puede elaborar una trampa luz con un bombillo y una tela blanca, pero en este caso es necesario colectar los insectos manualmente. El registro de los insectos colectados en las trampas de luz se debe realizar en las planillas o en el cuaderno de apuntes.

Los productores pueden hacer un ejercicio cuidadoso de monitoreo de su sistema productivo, sin tener que ser expertos en entomología, es decir, en el estudio de insectos. Lo importante es que hagan una descripción detallada del insecto para que se aseguren que lo registren bien cada vez que lo capturen. Al momento en que el productor requiera de una asesoría de un técnico o un agrónomo, estos registros facilitarán la labor del profesional y aumentarán las probabilidades de éxito de los controles que utilicen porque estas decisiones estarán soportadas en datos reales de las densidades poblaciones de la plaga.

Figura 18. Arriba: Trampa de luz con tela blanca.
Abajo: La captura de los insectos se hace manualmente.

¿Cuáles son los pasos a seguir cuando se encuentra un organismo que ha aumentado sus poblaciones en el área cultivada?

En la producción convencional, la primera y única solución que encuentran muchos productores para enfrentar una plaga es recurrir al uso de insecticidas de síntesis química. Esta opción en la mayoría de los casos no está basada en datos del monitoreo sino en la poca tolerancia de observar insectos en las áreas cultivadas. En este sentido, es importante recordar que no todos los insectos son plaga y que aquellos que son herbívoros, no siempre llegan a causar daños considerables al sistema productivo. Por esta razón, es importante que los productores agroecológicos tomen consciencia de todos los beneficios que obtienen de la fauna asociada a las áreas de cultivos y de los sistemas silvopastoriles y sigan los siguientes pasos, los cuales están basados en los principios del MIP:

Estrategia 1: No hacer nada

Como se mencionó previamente, algunos organismos (plantas cultivadas y animales de producción), pueden tolerar pequeñas lesiones sin sufrir daños económicos. Si la densidad a la que se encuentra el organismo que causa el daño no está poniendo en riesgo el sistema productivo, si las plantas responden bien al daño, si los animales no presentan síntoma de malestar o enfermedad, entonces la estrategia de no hacer nada es el enfoque correcto; de lo contrario, se mal gastaría dinero en un control innecesario. En este sentido, se trata de aprender a ser más tolerantes con los organismos asociados a las áreas de producción y entender que los herbívoros pueden alimentarse de las plantas cultivadas siempre y cuando no pongan en riesgo el cultivo y su producción.

La estrategia de no hacer nada debe ser una decisión tomada con responsabilidad y para esto, se recomienda hacer los monitoreos permanentes para estar seguros de que dejar el sistema igual, sin hacerle ningún tipo de manejo, es la decisión adecuada.

Estrategia 2: Cambiar la condición o factor estresante

Gracias al monitoreo, el productor puede determinar o establecer si la población de una plaga está en aumento debido a un factor externo al cultivo. En los ejemplos anteriores de monitoreo se observa una relación entre el aumento de las poblaciones de un herbívoro con los períodos de sequía. En este sentido, el productor podría tomar la decisión de hacer riego en las áreas más afectadas del cultivo para reducir la deshidratación en las plantas y aumentar sus mecanismos de defensa al ataque de herbívoros.

Si, por ejemplo, el aumento de la plaga se está dando unos días después de aplicar los fertilizantes nitrogenados a las plantas cultivadas, el productor puede decidir bajar la dosis del fertilizante para evitar un exceso de nutrientes en las hojas, lo que las hace más atractivas al ataque de herbívoros. En este caso, podría aplicar dosis más bajas del fertilizante o decidir utilizar abonos orgánicos para evitar la acumulación de nutrientes foliares y favorecer la producción de metabolitos secundarios que constituyen las defensas naturales de las plantas.

Estrategia 3: Reducir el número de organismos plaga

Una vez el productor ha documentado el incremento de la población de un herbívoro, a partir de los monitoreos en campo, y ha detectado que ese organismo causa un daño importante al cultivo, ya que está poniendo en riesgo su producción, entonces deberá buscar la mejor estrategia para reducir su abundancia en el sistema productivo. Esta estrategia se emplea de manera terapéutica cuando las poblaciones alcanzan el umbral económico o de manera preventiva en función de problemas históricos (Pedigo & Rice 2006).

Los datos del monitoreo le mostrarán al productor cuáles son las épocas del año, o la etapa del cultivo, en la que las poblaciones del insecto indeseado alcanzan niveles altos y están por encima del promedio mensual. De esta manera, el productor podrá buscar alternativas para impedir que las poblaciones se incrementen y podrá hacerlo de manera preventiva antes de que el daño ocurra. De esta forma se evitan los brotes de plagas y consecuentes daños (Gray *et al.* 2010).

Existen diferentes alternativas a las que puede recurrir un productor cuando está decidido a reducir las poblaciones de un insecto en su área de producción. Algunas de ellas se mencionan a continuación:

1. Control físico:

El control físico, como su nombre lo indica, involucra varias prácticas que evitan físicamente que los organismos plaga lleguen a su huésped. Este control puede estar enfocado en dos aspectos:

- ***Control físico de los insectos plaga:*** Se trata de diseñar estrategias que eviten que los organismos indeseados alcancen los cultivos de producción. Normalmente, el control físico se enfoca en capturar insectos en estado adulto, lo cual reduce sus posibilidades de reproducción y contribuye a reducir la población.

Figura 19. Captura de insectos a través de trampas de luz.

Entre los controles físicos de insectos, las trampas de luz son las más utilizadas. Estas trampas, como ya se mencionó, son atrayentes de insectos voladores y son muy eficientes en reducir sus poblaciones. La instalación permanente de trampas de luz o la ubicación estratégica de éstas en las épocas críticas, puede contribuir a monitorear el estado de un organismo plaga o bajar considerablemente sus poblaciones, en el tiempo. Las trampas de luz son sencillas, económicas y fáciles de instalar. En campo pueden funcionar con baterías o páneles solares y tienen la ventaja de ser altamente efectivas.

Las trampas pegajosas, utilizadas también para el monitoreo, contribuyen a reducir las poblaciones de herbívoros pequeños. Tienen la desventaja de ser, igualmente, atrayentes para organismos benéficos, principalmente parasitoides, lo que puede afectar el control biológico natural en los sistemas productivos. Estas trampas ayudan a reducir las poblaciones de organismos plaga y cumplen también la función de aportar datos para el monitoreo. Las trampas pegajosas utilizadas sólo para recibir poblaciones no tienen que limpiarse constantemente y su manejo es fácil, rápido y económico.

Una estrategia sencilla para elaborar trampas pegajosas consiste en utilizar una bomba de color amarillo, e impregnarla de aceite de ricino. Los insectos plaga llegarán a la trampa, atraídos por el color (Figura 20).

Las trampas con atrayectes químicos, como feromonas sintéticas, es otro método muy efectivo para ayudar a combatir diferentes organismos plaga, pueden llegar a sustituir parcial e incluso totalmente el uso de insecticidas. El principio de estas trampas es el de atraer y capturar a los machos de una especie en particular y así evitar que se reproduzcan, teniendo como resultado una disminución de las poblaciones del organismo plaga.

Figura 20. Trampas pegajosas instaladas en un sistema silvopastoril intensivo para el monitoreo de insectos plaga e insectos benéficos.

- ***Control físico del acceso a la planta:*** En este caso la práctica más común consiste en realizar una barrera que impide que el insecto plaga alcance la planta. Existen diferentes alternativas de control físico que están asociadas a la creatividad de los productores. Un ejemplo clásico de las estrategias utilizadas para el control de hormiga arriera se presenta en las siguientes fotografías en las que se ilustran dos elementos que usan los productores para impedir que las hormigas puedan forrajear las especies vegetales. En este caso, los productores recurren a llantas partidas, tubos de PVC, estopa, etc., para proteger a las plantas cultivadas (ver capítulo 5). De esta manera, el control físico no reduce como tal las poblaciones del organismo indeseado, pero sí sus posibilidades de alimentación lo cual, finalmente, puede generar una reducción importante del impacto sobre el sistema productivo.

Figura 21a. Aceite aplicado en la base de la planta para evitar que los insectos herbívoros lleguen a sus hojas.

Figura 21b. Neumático utilizado como barrera para dificultar el paso de las hormigas arrieras y otros herbívoros hacia las hojas.

2. Control mecánico

Implica aquellos métodos que remueven o eliminan directamente a los organismos plaga. Este control puede ser rápido y efectivo. Su gran ventaja es que puede tener poco impacto en los enemigos naturales y organismos no blanco, ya que se enfoca en capturar directamente a los que causan problema.

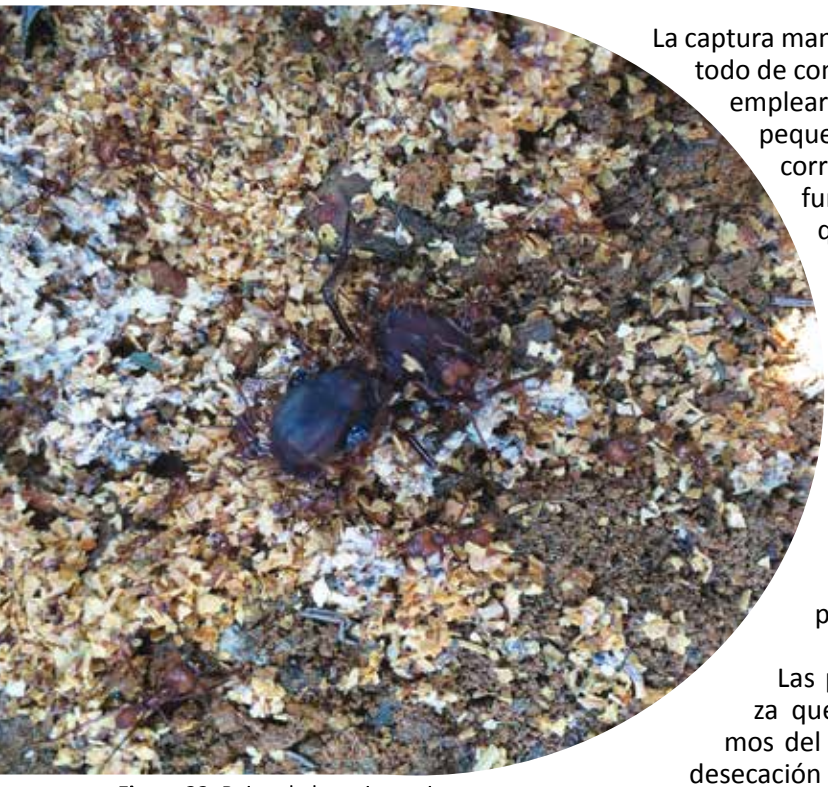


Figura 22. Reina de hormiga arriera encontrada a través de la excavación de una colonia en campo.

La captura manual de insectos es un método de control mecánico que puede emplearse, si el área cultivada es pequeña, mientras se hacen recorridos de campo. También funciona si los organismos que se van a capturar tienen colores llamativos que los hace más visibles y facilita su captura. Esta estrategia fue utilizada inicialmente para reducir las poblaciones de "maría pirata" *Prosarthria teretrirostris* en los sistemas silvopastoriles del valle del río Cesar. Los detalles se presentan en el capítulo 3.

Las prácticas como la labranza que lesionan a los organismos del suelo o los exponen a la desecación y depredación por aves u otros animales también son consideradas estrategias dentro del control mecánico. De igual forma, hacen parte de este método, sacudir las plantas o aplicar agua a presión (con manguera, asperjado o con recipientes) para desalojar a los organismos que se encuentran en ellas.

En los capítulos 5 y 6, se presentan con detalle otro tipo de control mecánico utilizado para capturar a la reina de la hormiga arriera en las áreas cercanas a la casa de la Reserva Natural El Hatico. En ese caso, el excavar las colonias y eliminar a la reina, fueron estrategias de control muy útiles para reducir la inestabilidad que generan los nidos en la infraestructura (Figura 22).

3. Control cultural

Involucra prácticas agrícolas que pueden ayudar a reducir las poblaciones de organismos plagas haciendo menos favorable el entorno donde se encuentran. Algunos ejemplos son:

- ***Rotación de cultivos:*** Reemplazar un cultivo susceptible a una plaga por otro que no lo sea, de manera rotativa. De esta manera se puede reducir o eliminar la población de organismos indeseados en la transición de un cultivo a otro. Así cuando se llegue de nuevo al cultivo susceptible, es posible que las plagas ya no se encuentren en el área.

- ***Plantas atrayentes de insectos:*** Como se mencionó anteriormente, en los ecosistemas naturales y productivos se presentan relaciones ecológicas complejas que contribuyen a la regulación natural de organismos indeseados. En los sistemas de producción sostenibles y agroecológicos, los productores buscan aumentar las poblaciones de enemigos naturales y darles a éstos las condiciones que requieren para establecerse exitosamente. La diversificación de las áreas de producción es fundamental para lograr que los enemigos naturales lleguen y se adapten eficientemente a las áreas productivas. Se puede sembrar plantas con flores, frutos y nectarios extraflorales, que contribuyen al aumento de las poblaciones de depredadores y parasitoides nativos. Además, evitar el uso de agroquímicos (insecticidas, herbicidas y fungicidas) es clave para mantener la fauna local de benéficos.

- ***Cultivos trampa:*** Consiste en ofrecer al organismo plaga su alimento preferido cerca del cultivo que se quiere proteger, de esta forma, es atraído al cultivo trampa dejando libre el cultivo de interés al productor. El cultivo trampa puede ser posteriormente destruido junto con los insectos no deseados que alberga.

- ***"Push-Pull":*** es un conjunto de estrategias que utilizan una combinación de estímulos que modifican la conducta de los organismos con el fin de manipular la distribución y abundancia tanto de las plagas como de los animales benéficos. Las estrategias van dirigidas en contra de las plagas para lo cual intentan reducir su abundancia en los cultivos o animales que se quieren proteger. A las tácticas de repelencia se les conoce como "push", mientras que a las prácticas de atracción como "pull". Los estímulos que modifican la conducta en estas estrategias incluyen principalmente señales visuales y químicas, como feromonas, sustancias repelentes o antialimentarias. Un ejemplo es el control de barrenadores en cultivos de maíz y sorgo en África, a través del uso de cultivos intercalados (con acción repelente) y cultivos trampa (con acción atrayente). Las plagas son repelidas por cultivos repelentes como la hierba de melaza (*Melinis minutiflora*) y son atraídas y concentradas en los cultivos

trampas como el pasto napier (*Pennisetum purpureum*) y el maíz. Cuando se intercala la hierba de melaza repelente con las plantas de maíz atrayentes, no solo se reduce la infestación del barrendor, sino que se aumenta la acción de organismos benéficos, específicamente de una avispa paraisitoide el género *Cotesia* que ataca a las larvas del barrenador.

- ***Elaboración de productos naturales o biopreparados:*** Son productos que se preparan localmente para el control de insectos plaga y, por lo general, incluyen partes de algunas plantas que tienen actividad repelente o insecticida para algunos organismos. Existe una gran diversidad de plantas con propiedades insecticidas producto del conocimiento ancestral y de la tradición oral de las comunidades rurales. En cada región, para cada cultivo y para cada plaga, se pueden encontrar libros, videos y "blogs" de internet que explican adecuadamente la manera en la que se preparan los insecticidas naturales. Las principales plantas utilizadas en la producción de biopreparados con potencial insecticida en Colombia son: cola de caballo, salvia, neem, menta, tomillo, ají, ajo, tabaco y botón de oro. Los biopreparados son muy utilizados en la producción agroecológica de alimentos y tienen un alto potencial para controlar las plagas en las áreas de producción sostenible. En el capítulo 5 se explica en detalle la preparación de un biopreparado para controlar a la hormiga arriera.

4. Control biológico

El control biológico consiste en el uso deliberado y dirigido de organismos vivos (parasitoides, depredadores y patógenos), que son enemigos naturales de los insectos plaga, para reducir o mantener sus poblaciones por debajo del nivel de daño o del umbral económico (De Bach & Rosen 1991).

El control biológico reúne una gran diversidad de tácticas que se pueden sintetizar de la siguiente manera:

- ***Liberación de enemigos naturales:*** Algunos insectos depredadores y parasitoides son criados en condiciones de laboratorio y es posible comprarlos en casas comerciales para hacer liberaciones en los sistemas de producción. En este caso, hay dos puntos claves que los productores deben tener en cuenta al momento de decidir invertir tiempo y recursos en la liberación de organismos benéficos: el primero está relacionado con el tipo de enemigo natural que se va a liberar. Para esto es necesario tener identificada la plaga, buscar asesoría de un profesional y determinar cuál es el enemigo natural, de venta comercial, que mejor podría adaptarse a las condiciones de la finca y que podría tener un efecto en las poblaciones de la plaga que está afectando el cultivo. El segundo aspecto a tener en cuenta son las condiciones del sistema de producción. Los enemigos naturales pueden ser depredadores o

parasitoides exitosos de alguna plaga en particular, pero si el productor no les ofrece un ambiente propicio, estos organismos no van a lograr cumplir con su función ecológica, ni mucho menos van a lograr establecerse en los cultivos, porque las poblaciones de enemigos naturales no sobreviven a condiciones adversas como, por ejemplo, la exposición frecuente a fungicidas, herbicidas o insecticidas.

En muchas ocasiones, una única liberación de enemigos naturales es necesaria para recuperar las poblaciones de éstos benéficos en las áreas productivas. Una vez liberados, si las condiciones de los sistemas son adecuadas, ellos podrán establecerse con éxito y no será necesario volver a hacer liberaciones, lo cual podría generar beneficios económicos para el productor (Kenis *et al.* 2009). La permanencia de los enemigos naturales en los sistemas productivos le da una ventaja importante sobre otros métodos de control que requieren trabajo durante cada aplicación.

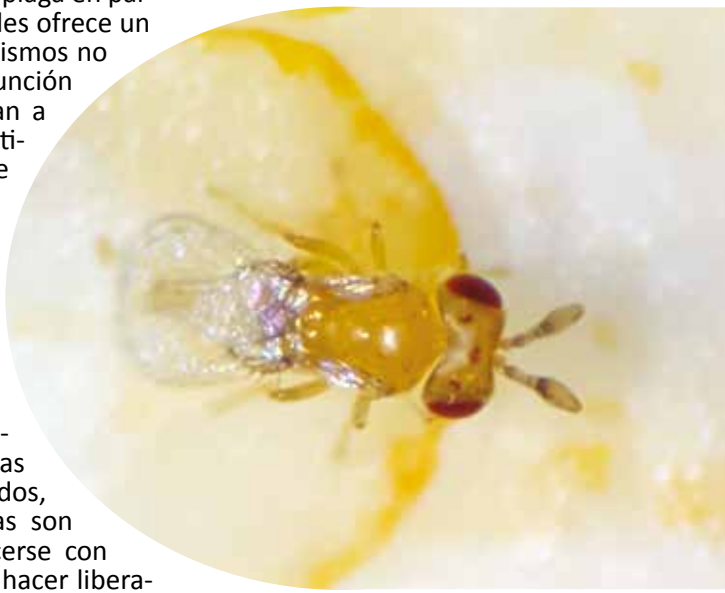


Figura 23. Avispa diminuta del género *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) empleada comúnmente en liberaciones de campo para regular poblaciones de insectos plagas, especialmente lepidópteros (polillas y mariposas).

Figura 24. Izquierda: Huevos. Derecha: Adulto de insectos depredadores del género *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae) utilizados en programas de control biológico a través de liberaciones en cultivos. Son insectos generalistas, por lo que pueden depredar diferentes organismos.

El objetivo del control biológico con enemigos naturales no es erradicar las plagas por completo sino mantenerlas en niveles tolerables, de manera que no generen inconvenientes en los sistemas productivos. De hecho, los enemigos naturales requieren presas y huéspedes para sobrevivir. El control biológico funciona mejor cuando se mantiene una pequeña población de plagas para sostener a sus depredadores y parasitoides (Mahr et al. 2008), por lo tanto, el productor debe ser consciente que el insecto plaga se puede seguir observando en el área productiva, pero lo importante es que sus poblaciones se mantengan bajas.

- ***Aplicación de productos entomopatógenos:*** Los organismos entomopatógenos son hongos, bacterias, virus y nemátodos, que tienen la capacidad de parasitar insectos hasta causarles la muerte. Este control biológico es ampliamente utilizado para regular poblaciones plagas en los sistemas de producción sostenibles. A nivel comercial, es posible encontrar una gran variedad de productos que tienen como principio activo, microorganismos entomopatógenos vivos.

Al momento de tomar la decisión de aplicar un producto biológico comercial es importante recibir asesoría profesional para tener certeza en la selección del producto y su acción patogénica sobre el organismo que se desea controlar. Después de la selección, es necesario seguir las instrucciones de aplicación para garantizar la patogenicidad y establecimiento exitoso del entomopatógeno en el área a tratar.

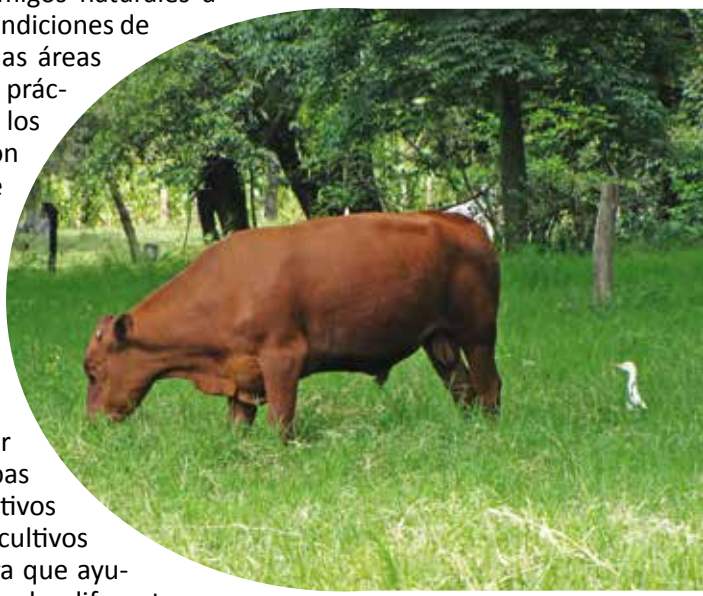
Figura 25. Organismo herbívoro afectado por un hongo entomopatógeno.

En general, se recomienda que la aplicación de controladores biológicos se realice en los momentos del día cuando la temperatura y la incidencia del sol sean menores. Además, es importante utilizar equipos que no hayan sido usados con agroquímicos porque los microorganismos pueden morir. Asimismo, el agua con la que se disuelve el producto debe ser limpia y, en varios casos, es necesario corregir el pH del producto. La aplicación de los productos biológicos debe realizarse al atardecer para evitar que los microorganismos se deshidraten al momento de llegar al campo. Es importante recordar que estos productos comerciales contienen organismos vivos en su interior y, por lo tanto, no pueden estar expuestos a altas temperaturas, sustancias calientes, agroquímicos o cualquier otro factor que pueda alterarlos o matarlos.

Los organismos entomopatógenos como los hongos requieren condiciones adecuadas para su establecimiento, principalmente temperatura y humedad. En los sistemas de producción agroecológicos y sostenibles, los microorganismos se liberan al campo y estos penetran el tegumento o son ingeridos por los organismos plaga, causando una afectación en la movilidad y apetito, y posteriormente la muerte. La cobertura de dosel que proporcionan los árboles y arbustos en los sistemas productivos reduce la temperatura y aumenta la humedad relativa, lo cual es fundamental para favorecer la función y permanencia de los microorganismos en las áreas productivas. La aplicación en temporadas de lluvia también es una ventaja para el establecimiento de los microorganismos patógenos, en especial, los hongos.

Es importante que los productores sepan que los microorganismos entomopatógenos atacan a los insectos plaga durante un proceso de infección que puede tardar varios días. Por esta razón, después de aplicar un control biológico, el productor no puede esperar que rápidamente se perciba la reducción de la población de los insectos indeseados. La decisión de utilizar un control biológico implica conocimiento de los procesos biológicos y paciencia para esperar a que operen.

-Potencializar y aumentar los enemigos naturales en las áreas productivas: En los sistemas de producción sostenibles y agroecológicos, los productores pueden aumentar la presencia de los enemigos naturales a través del mejoramiento de las condiciones de los sistemas o conservación de las áreas donde se encuentran. Algunas prácticas que ayudan a conservar a los enemigos naturales son: reducción en la frecuencia de aplicación de plaguicidas, siembra de plantas con flores u otras especies vegetales que proporcionen fuentes de polen y néctar, aplicación de aerosoles de agua con azúcar o con proteínas para atraer y mantener a los enemigos naturales, ofrecimiento de refugios o evitar la destrucción de nidos de avispas sociales, diversificación de cultivos utilizando cultivos intercalados, cultivos de relevo, o cultivos de cobertura que ayuden a aumentar la supervivencia en las diferentes condiciones climáticas (lluvias o sequía) de los enemigos naturales.



5. Control químico:

Consiste en la aplicación de plaguicidas y otras sustancias tóxicas (pueden ser a base de compuestos naturales o de síntesis química) que afectan a los organismos hasta causarles la muerte. Según la Organización Mundial de la Salud, existen cinco categorías de plaguicidas de acuerdo con el grado de peligrosidad del producto:

Clasificación de plaguicidas de acuerdo con su peligrosidad

Categoría	Leyenda	Frase de advertencia	Color de banda
Ia	Extremadamente peligroso	Muy tóxico	
Ib	Altamente peligroso	Tóxico	
II	Moderadamente peligroso	Nocivo o Dañino	
III	Ligeramente peligroso	Cuidado	
IV	No representa riesgo agudo en uso normal	Precaución	

Para saber cuál es la categoría toxicológica a la que pertenece un producto que se requiera utilizar, basta con buscar en el empaque alguna de la información mencionada en el cuadro de arriba. En la Figura 26, por ejemplo, el envase muestra una banda de color amarillo, indicando en este caso que el producto tiene una categoría de peligrosidad tipo II.

En los sistemas de producción orgánicos, agroecológicos y/o sostenibles, sólo se autoriza el uso de los insecticidas comerciales de categorías III y IV en eventos críticos de aparición de una plaga y solo cuando las demás estrategias utilizadas no hayan sido eficientes. Los productos de categorías Ia, Ib y II no deben considerarse como opciones para el manejo de plagas en los sistemas de producción de alimentos debido a que tienen un mayor impacto negativo sobre la biodiversidad, la salud y bienestar de las personas y animales, el medio ambiente y la contaminación de alimentos (ver capítulo 11 para más información).

Figura 26. Insecticida moderadamente peligroso. Categoría II de peligrosidad.

Dentro del control químico, se pueden distinguir dos grandes grupos de productos químicos: los que se realizan a base de productos naturales y los que se basan en productos de síntesis química:

-Productos naturales comerciales o bio-insecticidas: Son productos comerciales que han sido elaborados a partir de productos naturales (semillas, hojas, extractos de plantas, entre otros), que tienen la capacidad de afectar a diversos organismos. Estos productos naturales, por lo general, tienen una clasificación toxicológica IV, es decir, son levemente tóxicos, por lo cual su uso es adecuado para la producción de alimentos. Los insecticidas naturales comerciales son de venta libre y es posible conseguirlos en las tiendas agropecuarias. Sin embargo, es importante recibir la asesoría de un profesional porque existen productos específicos para controlar cierto de tipo de plagas y de esta manera, aumentar las posibilidades de éxito del control. Es importante seguir las instrucciones que se presentan en la etiqueta del producto para garantizar su efectividad.

-Plaguicidas: Son sustancias con acción tóxica que se fabrican a partir de compuestos químicos y que tienen un efecto letal sobre diferentes organismos. Son conocidos también como agroquímicos. Estos productos vienen en diferentes presentaciones, las más comunes son las presentaciones en polvo, líquido y granulado. Para su aplicación, se pueden utilizar insufladoras (productos en polvo), fumigadoras (líquidos y granulados), nebulizadoras (líquidos y polvos diluidos), o incluso se pueden hacer aplicaciones manuales (polvos, líquidos, granulados). En muchos casos, los productos especifican que su aplicación debe ir acompañada de un coadyuvante para potencializar el efecto del plaguicida o facilitar la penetración y permanencia en el cultivo. Además, todo agroquímico tiene estipulado en su etiqueta las instrucciones de aplicación y las dosis que deben emplearse. Es responsabilidad de cada productor seguir las indicaciones de la etiqueta para no generar efectos adversos sobre el sistema o sobre la salud de las personas. También es muy importante emplear los implementos de seguridad personal. Esta información se detalla en el capítulo 11.

La decisión de un productor de utilizar un producto químico comercial debe estar validada por un profesional que garantice que el producto seleccionado es específico para el tipo de plaga que se desea controlar. Siguiendo los principios del Manejo Integrado de Plagas, el uso de plaguicidas debe realizarse solo cuando las poblaciones de los insectos alcancen el Umbral de Daño Económico (UDE), y cuando no funcionen otros métodos de control. Es decir, estos productos deben considerarse la última opción al momento de tomar la decisión de hacer un manejo de una plaga en un sistema productivo, ya que están compuestos por sustancias muy nocivas. El impacto de los plaguicidas se detalla en el capítulo 11.

En los sistemas de producción sostenible, es importante conservar los organismos benéficos, así como las interacciones y funciones ecológicas que ellos ofrecen. Por esta razón, evitar el uso de plaguicidas y favorecer el establecimiento y las funciones de los organismos benéficos es una estrategia fundamental para mantener reguladas las poblaciones de insectos plaga y evitar el incremento de organismos herbívoros que puedan afectar el sistema productivo.

Fotografías

William Cardona Duque: Figuras 7, 15, 18A, 18B, 19.
Karen Castaño Quintana: Figuras 4A, 4F, 8, 9B, 13, 22, 25.
Carolina Giraldo: Figuras 4B, 4D, 4E, 10A, 10B, 20, 21A, 24A.
Julián Mendivil: Figura 17.
Tatiana Meza: Figura 4C.
Michael Oravec: Figura 12.
Carlos Pineda: Figura 1.
Leidy Salamanca: Figuras 4H, 4G, 5,6, 23, 24B.
Alexander Velásquez: 2A, 2B, 2C, 2D, 3A, 3B.

Literatura citada

Bawa, K.S. 1990. Plant–pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 399–422.

Castillo-Gonzáles, A. R., Burrola-Barraza, M. E., Domínguez-Viveros, J., Chávez-Martinez, A. 2014. Rumen microorganism and fermentation. *Archivos de Medicina Veterinaria* 46: 349–361.

De Bach, P., Rosen, D. 1991. Biological control by natural enemies. 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 443p.

FAO – Organización de las Naciones Unidos para la Alimentación y la Agricultura. 2017. Integrated pest management of major pests and diseases in eastern Europe and the Caucasus. Roma, Italia. 98p.

FAO – Organización de las Naciones Unidos para la Alimentación y la Agricultura. 2019. La reducción de la población de abejas es una amenaza para la seguridad alimentaria y la nutrición. Disponible en: http://www.fao.org/news/story/es/item/1194963/icode/ Fecha de consulta: 2/08/2019

Flint, M.L., Van den Bosch, R. 1981. Introduction to integrated pest management. Plenum Press, New York, USA. 240 pp.

Giraldo, C., Escobar, F., Chará, J., Calle, Z. 2011. The adoption of silvopastoral system promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. Insect Conservation and Diversity. 4:115-122.

Gray, M. E., Ratcliffe, S. T., Rice, M. E. 2010. The IPM paradigm: concepts, strategies and tactics. *En*: Radcliffe, E. B., Hutchison, W. D., Cancelado, R. E. (Eds). Integrated Pest Management. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. 1-13pp.

Grimaldi, D., Engel, M. S. 2005. Evolution of the Insects. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 755pp.

Gullan, P. J., Cranston, P. S. 2010. The Insects. An outline of entomology. Fourth Edition. Willey-Blackwell, Oxford, Reino Unido. 565pp.

Kenis, M., Hurley, B. P., Colombari, F., Lawson, S., Sun, J., Wilcken, C., Weeks, R., Sathyapala, S. 2019. Guide to the classical biological control of insect pests in planted and natural forests, FAO Forestry Paper No. 182. Roma. 95pp.

Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan, I., Dewenter, S. A., Cunningham, C., Kremen, T., Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society* 274: 303–313.

Landry, C. 2010. Mighty Mutualisms: The nature of plant-pollinator interactions. *Nature Education Knowledge* 3(10): 37.

Losey, J. E., Vaughn, M. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience* 56: 311–323.

MacEvilly, C. 2000. Bugs in the system. *Nutrition Bulletin* 25: 267–268.

Mahr, D. L., Whitaker, P., Ridgway, N. 2008. Biological control of insects and mites. An introduction to beneficial natural enemies and their use in pest management. University of Winconsin-Cooperative Extension Publishing, Madison, EEUU. 110pp

Martínez, I., Lumaret, J.P. 2006. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno Ambiental. Folia Entomologica Mexicana, 45 (001):57-68

Metcalf, R. L. 1994. Insecticides in pest management. *En*: Metcalf, R. L., Luckmann, W. H. (Eds). Introduction to insect pest management, 3rd edition. John Wiley, New York. EEUU. 245–314pp.

Pedigo, L. P. Rice, M. E. 2006. Entomology and pest management, 5th edition. Upper Saddle River. Pearson Prentice Hall, New Jersey, EEUU. 784pp.

Peshin, R., Zhang, W. 2014. Integrated pest management and pesticide use. *En*: Pimentel, D., Peshin, R. Integrated Pest Management Reviews, Springer Science. Dordrecht, Países Bajos. 2–46pp. DOI 10.1007/978-94-007-7796-5_1

Rasmussen, W. D., Fussell, G. E., Mellanby, K., Nair, K., Ordish, G., Crawford, G. W., Gray, A. W. 2019. Origins of agriculture. Enclyclopaedia Britannica. Fecha acceso: 26 de junio de 2019. https://www.britannica.com/topic/agriculture/Pest-and-disease-control-in-crops

Sanjuán, J. M. 2001. Importancia de la biosíntesis bacteriana de Leucina para el establecimiento de la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa (tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada, España.

Schowalter, T. D. 2011. Insect Ecology. An ecosystem approach. Third edition. Elsevier, London, Reino Unido. 633pp.

Solomon, E. P., Berg, L. R., Martin, D. W. 2008. Biología. Octava edición. Mc Grall Hill Interamericana, México D.F., México. 1234pp.

Sundén-Byléhn, A. 2007. Persistent Organic Pesticides. En: Pimentel, D. Encyclopedia of pest management Volume II. Cornell University, CRC Press, New York, EEUU. 481–483pp.

Tobias, P. V., Raath, M. A., Moggi-Cecci, J., Doyle, G. A. 2001. Humanity from African naissance to coming millennia. Firenze University Press. 409pp.

van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. 2013. Edible insects - Future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171p. http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm

Wäckers, F. L., van Rijn, P. C. J. 2007. Plant food to enhance performance of natural Enemies in mass rearing and the field. En: Pimentel, D. Encyclopedia of Pest Management Volume II. Cornell University, CRC Press, New York, EEUU. 524–526pp.

CAPÍTULO 3

Manejo integrado de "maría pirata" Prosarthria teretrirostris (Orthoptera: Proscopiidae) en sistemas silvopastoriles intensivos del Valle del río Cesar

Carolina Giraldo[1]
Karen Reyes[2]
James Montoya-Lerma[2]

[1]*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.*
[2]*Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia.*
carolina@fun.cipav.org.co

Resumen

Los silvopastoriles intensivos son sistemas de uso ganadero que tienen un componente agrícola importante, debido a que en ellos se realiza un cultivo intensivo de plantas forrajeras que dependen de un manejo agronómico para garantizar la producción de biomasa. Por esta razón, ante la aparición de una plaga asociada a las plantas (pastos, arbustos y/o árboles), es importante establecer un plan de Manejo Integrado de Plagas (MIP) que integre, de manera sincronizada, técnicas de control (biológico, cultural, físico y químico) que reduzca el daño que ocasiona la plaga al sistema productivo. En el presente capítulo se presentan los resultados de un MIP que se llevó a cabo para contrarrestar el ataque de maría pirata *Prosarthria teretrirostris* (Orthoptera: Proscopiidae), una plaga ocasional, la cual se encontró asociada a los SSPi de leucaena del valle del río Cesar en el 2010, durante una época de verano intenso. En este estudio de caso se presentan, de manera práctica, los diferentes elementos que se deben tener en cuenta para desarrollar un programa exitoso de MIP en sistemas de ganadería sostenible, entre los que se incluye: identificación del insecto y del problema, monitoreo, umbral de daño económico, nivel de daño económico para la toma acertada de decisiones de control, integración de controles, evaluación del programa MIP y transferencia de resultados. El conocimiento del insecto, los monitoreos en campo y la integración de los controles propuestos, permitió una regulación de las poblaciones de maría pirata en los SSPi sin que su herbivoría alcanzara niveles de daño económico. *P. teretrirostris* es un insecto que no puede considerarse plaga en los SSPi debido a que su aparición fue temporal y estuvo relacionada con una época de sequía extrema. Desde 2011 no se ha vuelto a presentar ningún problema asociado con la herbivoría de este insecto.

Introducción

El sistema silvopastoril intensivo (SSPi) es un tipo de arreglo que integra pastos, arbustos forrajeros en alta densidad (5000-20000 plantas/ha) y árboles, los cuales pueden estar dispersos o en surcos dobles o triples, en los lotes de pastoreo (Chará *et al.* 2011). En los SSPi se realiza un cultivo intensivo de plantas forrajeras que dependen de un manejo agronómico para garantizar la producción de biomasa que se requiere para alimentar los bovinos en las diferentes épocas del año. En términos ambientales, los SSPi aportan múltiples beneficios para la protección y conservación de los recursos naturales debido a que en ellos se protege y se hace un uso racional del agua, se conservan y se mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, se reduce el uso de agroquímicos y medicamentos veterinarios, se promueven las relaciones ecológicas de la biodiversidad y se reduce la emisión de gases de efecto invernadero (Murgueitio *et al.* 2015; Murgueitio *et al.* 2011).

Por esta razón, ante la aparición de una plaga asociada a las plantas del SSPi (pastos, arbustos o árboles), es importante establecer un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP), que permita conservar los beneficios ambientales de estos sistemas. El concepto de MIP consiste en la integración armónica y complementaria de diferentes técnicas de control (biológicas, culturales, físicas y químicas), y se basa en el uso de umbrales económicos como criterio de decisión para el uso de técnicas de control correctivas (Gray *et al.* 2008).

En el MIP se usan dos criterios importantes para la toma de decisiones: El Nivel de Daño Económico (NDE) y el Nivel de daño o Umbral de acción (ND o UA). El NDE corresponde al número mínimo de individuos que puede generar un daño que represente pérdidas económicas para el cultivo (Pedigo *et al*. 1986) mientras que el ND o UA se define como como la densidad de población en la que se debe determinar (iniciar) la acción de control para evitar que una creciente población de plagas alcance el NDE (Pedigo 2019). La relación entre ambos niveles se presenta en la Figura 1.

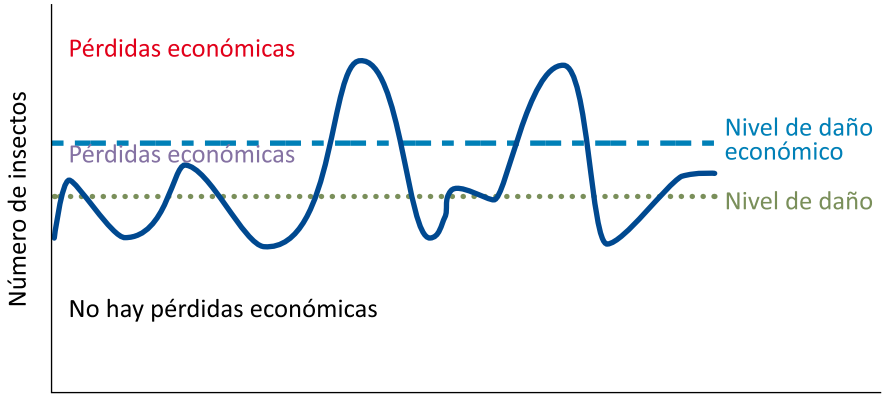


Figura 1. Relación del nivel de daño con el nivel de daño económico. Tomada y adaptada de Pedigo (2019)

El tiempo en el que se establecen las acciones de control corresponde entonces al NDE y éste no debe alcanzarse para tomar decisiones de manejo. La relación entre el tiempo de la actividad de control con el umbral de acción y nivel de daño económico se presenta en la Figura 2.

En la Figura 3 se presenta un esquema en el que se ilustra la relación entre el daño económico y los rendimientos de la productividad y los niveles donde se ubica el nivel de daño, el umbral de ganancia y las pérdidas económicas.

Las estrategias propuestas en el marco de un programa de MIP usualmente están basadas en investigación de la biología básica y la ecología de los insectos, los niveles de herbivoría, el nivel de daño económico, los enemigos naturales presentes y los métodos de control disponibles para cada situación. Tal información es útil para tomar las decisiones de manejo acertadas e impedir que las plagas alcancen niveles de daño económico. Promover el MIP en los SSPi tiene también el propósito de evitar al máximo el uso de insecticidas químicos por los efectos nocivos que generan, tales como la contaminación de las fuentes de agua y el suelo, la muerte y desplazamiento de la fauna benéfica y los problemas para la salud humana y animal, entre otros (Giraldo *et al.* 2018).

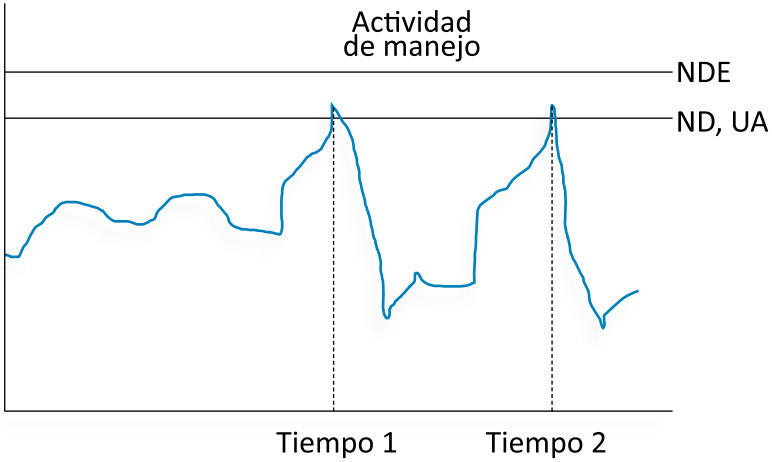


Figura 2. Relación del nivel de daño con el nivel de daño económico. Tomada y adaptada de Pedigo (2019)

En este capítulo se presentan los diferentes elementos que se deben tener en cuenta para desarrollar un programa de MIP en SSPi, a partir del caso del insecto "maría pirata", *Prosarthria teretrirostris* (Orthoptera: Proscopiidae). El "maría pirata" inició como una plaga incipiente, pero hacia 2010 su incidencia empezó a causar daños en los SSPi con leucaena (*Leucaena leucocephala*) en el valle del río Cesar, en el norte de Colombia, durante una sequía intensa por efecto de un fenómeno de El Niño. La biología y comportamiento de *P. teretrirostris* son presentadas en el capítulo 4 del presente libro.

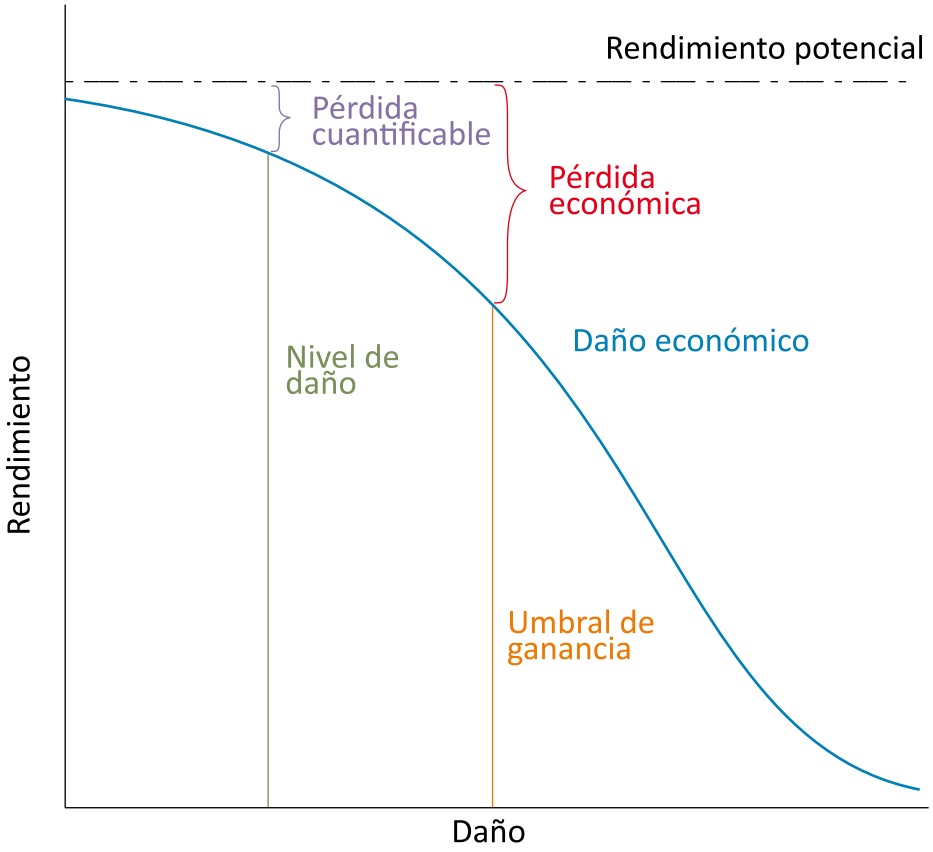


Figura 3. Diagrama que representa la relación del límite de daño con la pérdida económica y el umbral de ganancia. Tomada y adaptada de Pedigo (2019)

Identificación adecuada del problema

En 2010, dos fincas ganaderas del valle del río Cesar presentaron poblaciones altas de *Prosarthria teretrirostris* asociadas a plantas de leucaena *Leucaena leucocephala*, acacia *Acacia mangium*, teca *Tectona grandis*, nogal *Cordia gerascanthus* y eucalipto *Eucaliptus tereticornis*. Sin embargo, el daño por herbivoría fue más evidente en la leucaena debido a la pérdida de biomasa forrajera en los lotes de pastoreo. Los SSPi de leucaena *Leucaena leucocephala* tenían una densidad de siembra de 10.000 plantas por hectárea y estaban integrados con pasto Tanzania *Megathyrsus maximus*, árboles nativos, frutales y maderables.

Se llevaron a cabo monitoreos para determinar la biología del insecto debido a que, en el momento de su aparición, no se tenía información básica sobre el comportamiento de la especie. La investigación se realizó en condiciones de campo, laboratorio e invernadero. Los resultados revelaron que la especie tiene un ciclo de desarrollo simple que incluye tres etapas: huevo, ninfa y adulto. Las hembras pasan por seis estadios ninfales y los machos por cinco. Los primeros estadios presentan un comportamiento gregario y, por su tamaño pequeño, son más susceptibles a la infección por hongos. La actividad de herbivoría comienza entre las 16:00 – 17:00 horas y alcanza su mayor actividad en la noche. Las hembras ovipositan en el suelo, debajo de las macollas de pasto Tanzania *M. maximus* y lo hacen entre las 15:00 – 16:00 horas (ver detalles en capítulo 4).

La investigación en condiciones de campo e invernadero se llevó a cabo durante seis meses. Sin embargo, ante el daño generalizado que se estaba presentando en el sitio, fue necesario tomar medidas inmediatas de control para evitar las pérdidas económicas. El daño que maría pirata causa a la leucaena, se debe a la defoliación. Todos los estadios ninfales y los adultos, consumen lentamente cada foliolo desde el extremo apical hasta la base. Cuando la población en el campo es alta, puede llegar a consumir la totalidad de las hojas y generar pérdida de biomasa en lotes enteros (Figura 4).

Figura 4. Defoliación en leucaena causada por *Prosarthria teretrirostris* en un SSPi en el Valle del río Cesar, Colombia.

Monitoreo de la plaga y condiciones ambientales

Los monitoreos de campo se realizaron tanto en la época seca como en la de lluvias para determinar la variación que presentaba la población de acuerdo a las condiciones climáticas en la región. Las poblaciones de maría pirata se incrementaron en la época de mayor sequía durante el fenómeno de El Niño de 2010, con una incidencia promedio de 24 adultos por planta. Durante la época de lluvias que prosiguió, la población se redujo a tres adultos por planta.

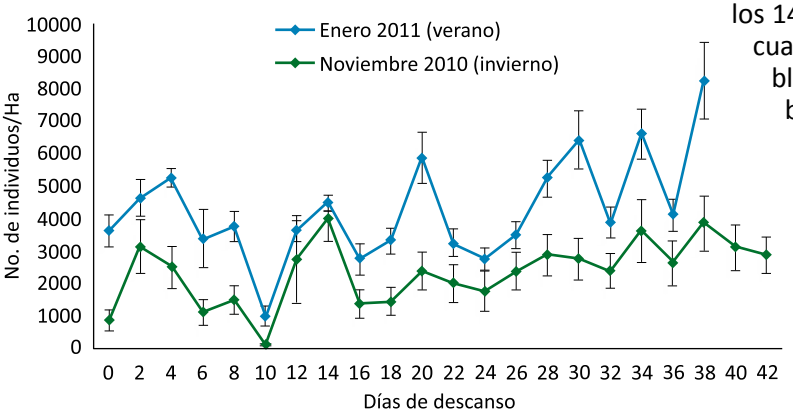


Figura 5. Número de individuos por hectárea de *P. teretrirostris* en diferentes tiempos de descanso de *Leucaena leucocephala* durante noviembre de 2010 (época de lluvias) y enero de 2011 (época seca).

Además, se encontró que las poblaciones se incrementaron en los lotes de leucaena después de los 14 días de descanso, lo cual se relaciona, posiblemente, con la mayor biomasa forrajera que poseen estas plantas. Debido a que el ciclo de vida del insecto es mayor que el tiempo del ciclo de pastoreo, es posible que los insectos se movilicen entre los lotes de pastoreo en busca de forraje para su alimentación. En la Figura 5 se observa que las poblaciones de maría pirata son más altas durante la época de sequía y pueden considerarse bajas en la época de lluvia.

Los resultados indican que la incidencia de *P. teretrirostris* en los SSPi está determinada por las condiciones climáticas extremas, y que hay una tendencia al incremento de las poblaciones en los lotes con un mayor tiempo de descanso durante la época seca. La comprensión de la dinámica de las poblaciones de maría pirata en condiciones de campo es fundamental para el diseño de las estrategias de control y es una variable que debe tenerse en cuenta al momento de evaluar el nivel de daño (ND) o umbral de acción (UA) (Pedigo 2019).

Definir umbrales de daño económico

Cuantificación de la herbivoría

Para determinar el nivel de daño económico de *P. teretrirostris* en la leucaena, fue necesario cuantificar la herbivoría del insecto en condiciones de campo. La herbivoría es un proceso natural que ocurre cuando una especie se alimenta de una planta y la magnitud depende de sus poblaciones, del tipo de ecosistemas y de las condiciones climáticas en las que se encuentran los individuos. En los sistemas cultivados, establecer el nivel de herbivoría de un organismo determinado constituye un pilar fundamental para desarrollar estrategias de manejo en caso de que las poblaciones del herbívoro se incrementen y ocasionen pérdidas económicas.

Para la cuantificación de la herbivoría, se realizaron montajes de microecosistemas en condiciones de campo. Para esto, se seleccionaron nueve plantas de leucaena de 1,5m de alto. A cada planta se le contó el número total de hojas y se promedió el número de pinnas por hoja. Además, se les retiraron todos los foliolos que presentaran algún tipo de daño para garantizar que toda la planta estuviera sana al momento de ingresar los insectos (Figura 6).

La planta fue aislada con una jaula plástica forrada con malla fina para evitar la herbivoría de otros insectos y garantizar la de los ejemplares de maría pirata a ser evaluados (Figura 6). Posteriormente, se recolectaron insectos en campo, se midieron (Figura 7) y se separaron en tres grupos: (1) 10 ninfas de primer y segundo estadio; (2) 10 ninfas de estadios intermedios; (3) 3 machos y 3 hembras adultos (detalles del ciclo de vida en el capítulo 4 del presente libro). Se realizaron tres repeticiones de cada experimento (en total 9 montajes).

Los insectos se dejaron durante 48 horas al interior de las jaulas plásticas y luego se retiraron para proceder a la evaluación de la herbivoría. Se cuantificó el porcentaje de daño en todos los folíolos de la planta y se eliminaron los folíolos para garantizar una mayor eficiencia del conteo (Figura 7).

Figura 6. Izquierda: montaje con las jaulas plásticas; Derecha: medición de los insectos en campo.

Figura 7. Izquierda: María pirata dentro de la jaula de experimentación. Derecha: Planta de leucaena después de la evaluación de la herbivoría.

La cuantificación de la herbivoría se realizó a partir de la asignación de un porcentaje de daño a cada folíolo que presentara pérdida de área foliar a partir de una escala visual diseñada por los investigadores (Figura 8).

Figura 8. Escala visual para la determinación del porcentaje de herbivoría de maría pirata en los foliolos de leucaena.

Posteriormente, al porcentaje de área foliar afectada, se le asignó una categoría de daño según Rodríguez-Auad & Simonetti (2001) y modificada en la última categoría por los investigadores de este estudio. Las categorías y el nivel de herbivoría se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentajes de herbivoría y categorías de daño causado por maría pirata a los folíolos de leucaena.

Categoría	Nivel de herbivoría
0	Hojas sin herbivoría
1	0,1 – 6%
2	6,1 – 12%
3	12,1 – 25%
4	25,1 – 50%
5	50,1 – 75%.
6	75,1 – 100%

El promedio del porcentaje de daño de hojas por individuo se utilizó para definir el índice de herbivoría para los diferentes estadios de maría pirata, a partir de la siguiente fórmula:

$$IH = \sum_{i=0}^{6} X_i \eta_i / N$$

Donde:
X_i = categoría de daño
η_i = número de hojas que presenta una de las categorías de daño y
N = número total de hojas estudiadas

El índice de herbivoría (*IH*) de los adultos de maría pirata se calculó a partir de la información consignada en la tabla 2.

Tabla 2. Foliolos afectados en cada categoría de daño para una planta de leucaena de 1,5 metros de altura.

Categoría de daño							
	0	1	2	3	4	5	6
Total eventos	14	1	1	3	8	11	20
Suma de pinas	122	6	7	31	79	125	264
# de foliolos/planta	854	42	56	279	632	1125	2112
# foliolos * planta de 1,5,	1708	84	112	558	1264	2250	4224

En la fórmula se incluye entonces la sumatoria del número de folíolos afectados por cada categoría de daño, dividido por el total de hojas estudiadas. La manera de aplicar la fórmula se presenta de manera práctica a continuación:

$$IH = \frac{\left((0+1708)+(1*84)+(2*112)+(3*558)+(4*1264)+(5*2250)+(6*4224)\right)}{10200}$$

$$\boldsymbol{IH = 4,2}$$

En este caso, se encontró que una planta de leucaena de 1,5m de altura, con 6 individuos adultos de maría pirata (hembras y machos), tiene un índice de herbivoría de 4,2, Es decir, un porcentaje de herbivoría que es equivalente al 35%, de acuerdo al valor de la escala asignada en la tabla 1. A partir de una población de 6 adultos de maría pirata, el 63,5% de los foliolos puede ser consumido con una severidad de 5 y 6 (50-100%), lo cual es una pérdida significativa de biomasa para las plantas. El 16,7% de los foliolos no sufren ningún tipo de daño y el 36,5% es afectado entre 5-50% (Figura 9).

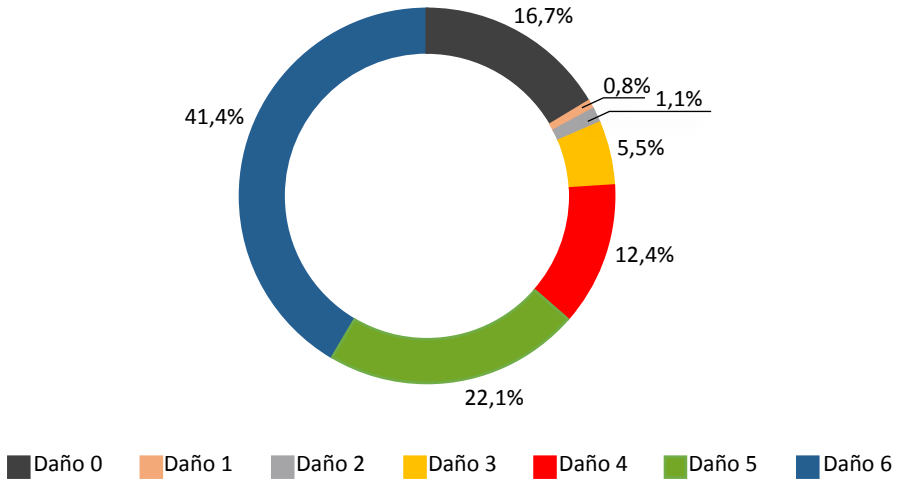


Figura 9. Porcentaje de foliolos afectados por planta de leucaena (1,5m) en diferentes categorías de daño, por una población de 10 adultos de maría pirata.

Daño económico:

El daño económico mide el impacto que puede tener la plaga o enfermedad sobre la rentabilidad del cultivo y permite determinar si se justifica el costo de medidas artificiales de control (Stern et al. 1959). En su cálculo, Southwood & Norton (1973) presentan la siguiente ecuación matemática:

$$C(a) = Y [s(a) * P [s(a)] - Y (s) * P (s)]$$

Donde:
Y = rendimiento
P = precio por unidad de rendimiento
S = nivel de daño por la plaga
a = acción de control [s(a)], es el nivel de daño en cuanto es modificado por la acción de control
C = costo de la acción de control

La ecuación establece que el costo de hacer un control (biológico o químico), es igual al rendimiento multiplicado por el precio cuando se aplica un control, menos el rendimiento multiplicado por el precio sin el control. Es decir, el daño económico comienza cuando el costo del daño es igual al costo de control para reducir la plaga. Aplicado al Sistema Silvopastoril intensivo en el Valle del río Cesar, las variables corresponden a:

Y = rendimiento

El rendimiento se refiere a la producción de biomasa de leucaena/ha.
En el caso de una de las fincas evaluadas, la producción de biomasa corresponde a 2,5 kg de biomasa por m^2, es decir, 25.000 kg/ha en un período de 42 días de descanso de los lotes de pastoreo y 24 horas de ocupación.

$$Y=25.000\ \frac{kg}{ha}$$

Sin embargo, la reducción en el rendimiento está determinada por el precio en la unidad de rendimiento, debido a que en los SSPi la comercialización es indirecta y no directa como en los sistemas agrícolas.

P = precio por unidad de rendimiento

Los SSPi de la finca evaluada, tenían una capacidad de carga de 3,7 UGG (Unidades Gran Ganado) por hectárea, con una ganancia de peso promedio diaria de 800 gramos para animales de ceba y 500 gramos para hembras de levante. El estudio realizó el análisis teniendo en cuenta sólo los animales de ceba, lo que significa, una ganancia de peso diaria de 2,96 kg por hectárea/día y 1080 kg por hectárea/año.

En lo que iba del año 2011 (momento en que se realizó la investigación), el ganado gordo en pie en la costa Caribe de Colombia, se pagaba a COP$2.886/kg. Por lo tanto, el precio por unidad de rendimiento se calcula de la siguiente manera:

$$P=1080\ \frac{kg}{ha/año}\ *\text{COP\$2.886}$$

$$P=COP\$3´116.880\ \frac{kg}{ha/año}$$

Teniendo en cuenta que estos insectos reducen la biomasa durante un determinado período de tiempo, los cálculos se deben hacer basados en el dato de ganancia económica en cada pastoreo. Por lo tanto, el precio por unidad de rendimiento debe dividirse por los 8,6 pastoreos que se alcanzan al año, teniendo en cuenta un periodo de ocupación de 42 días. De esta manera, en cada pastoreo (8,6 pastoreos completos de 42 días), se tienen una ganancia económica de $ 362.428/ha.

$$P = \frac{COP\$3´116.880\ ha/año}{8,6}$$

$$P = COP\$362.428$$

a = acción de control

Para la regulación de las poblaciones de maría pirata se utilizó Bovetrópico, un producto biológico formulado a partir del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (cepa asociada a Orthoptera: Acrididae), de la empresa Hongos del Trópico (Chinchiná, Caldas). En 2011, el precio del producto por kg era de COP$53.800 y los costos de envío desde Manizales a Valledupar sumaban aproximadamente COP$20.000. En este caso, se recomendó la aplicación de 1 kg del producto por hectárea. En condiciones de campo, una aplicación de Bovetrópico redujo el 66% de la población de maría pirata en una semana. Las plantas pasaron de tener 24 a 8 adultos/planta.

Teniendo en cuenta que 6 adultos de maría pirata por leucaena de 1,5 m pueden reducir el 35% del tejido foliar, la acción de control efectiva del 66%, podría reducir la herbivoría en un 23% y sólo se perdería el 12% de la biomasa forrajera.

C = costo de la acción de control

$$C(a) = Y\,[s(a) * P\,[s(a)] - Y\,(s) * P\,(s)]$$

La ganancia económica por unidad de rendimiento sin presencia de la plaga corresponde a $P = COP\$362.428$. La ganancia por unidad de rendimiento, con 6 adultos/planta que reducen el 35% de la producción, sin aplicación del control corresponde a:

$$P(s) = \frac{COP\$362.428}{ha} * [0,65]$$

$$P(s) = COP\$235.578$$

La pérdida por unidad de rendimiento, al aplicar un control, estaría cercana sólo al 12%. Por lo tanto, la acción de control está dada por el precio por unidad de rendimiento con control, menos el precio por la unidad de rendimiento sin control. Esa diferencia entre ambos valores, genera el costo de la acción de control en términos de rendimiento. La fórmula se presenta de manera práctica a continuación:

$$P\,[s(a)] = \frac{COP\$362.458}{ha} * (0,88)$$

$$P\,[s(a)] = COP\$318.937$$

$$C(a) = \frac{COP\$318.937}{ha} _ \frac{COP\$235.578}{ha}$$

$$C(a) = \text{COP}\$83.359/ha$$

El costo de la acción de control en los SSPi con leucaena, no debía superar los $83.359 / ha, de lo contrario, no justificaba aplicar el método de control biológico propuesto.

Tomar decisiones de manejo de acuerdo a la información obtenida a través del monitoreo

La toma de una decisión apropiada de sí aplicar o no un manejo de la plaga, debe estar basada en la información del daño económico (NDE) y el umbral de acción (UA).

El NDE es una medida que se utiliza para medir el estatus destructivo y el potencial de daño de una plaga. Consiste en obtener la densidad más baja a la que puede encontrarse el insecto en la que causará un daño económico (Stern *et al.* 1959). De acuerdo con Prodigo *et al.* (1986), correspondería a "densidad crítica de la población del insecto plaga".

Para calcular en NDE se deben tener en cuenta cinco variables:

C = Costo del control por unidad de producción
V = Valor de mercado por unidad de producción
I = Unidades de daño por plaga
D = Perjuicio o pérdida por unidad de daño
K = reducción proporcional en ataque de la plaga
Si la relación entre estas variables es o tiende a ser lineal, el NDE se puede definir matemáticamente como:

$$NDE = \frac{C}{VIDK}$$

El valor de esta ecuación es un principio fundamental del MIP debido a que constituye la base para tomar decisiones estratégicas y para desarrollar sistemas de producción sostenibles.

En el caso de la finca ganadera con SSPi del valle del río Cesar, las variables corresponden a:

C = Costo del control por unidad de producción

De acuerdo con lo calculado en el NDE anterior, el costo de la acción de control no puede superar los COP$83.358/ha, de lo contrario, no justifica aplicar ningún control porque se incurre en pérdidas económicas.

$$C = COP\$\ 83.358$$

V = Valor de mercado por unidad de producción

Como se describió en la sección anterior, el valor de mercado por unidad de producción (ha/pastoreo de 42 días), corresponde a *COP$362.428/ha* y el rendimiento era de *25.000 kg/ha.*

$$V = \frac{COP\$362.428}{25.000kg}$$

$$V = COP\$14{,}5/kg$$

I = Unidades de daño por plaga

Las unidades de daño por plaga están dadas a partir del índice de herbivoría calculado para cada planta con 6 adultos de maría pirata en 48 horas, en SSPi que tienen una densidad de 10.000 plantas de leucaena/hectárea, aproximadamente.

$$I = \frac{(0{,}35)}{6\frac{insectos}{planta} * 10.000\ \frac{plantas}{ha}}$$

$$I = 0.000006\ insectos/ha$$

D = Perjuicio o pérdida por unidad de daño

Este valor corresponde a la disminución en rendimiento causada por cada unidad de daño. En el caso de los SSPi, la unidad de rendimiento es el follaje, que es el mismo recurso que se come el insecto plaga.

De acuerdo al índice de herbivoría de 4,2, un número de 6 individuos adultos de maría pirata puede reducir el 35% del área foliar de una leucaena de 1,5m en 48h.

$$D = (0{,}35) * 25.000kg$$

$$D = 8.700kg$$

K = reducción proporcional en ataque de la plaga

La acción de control reduce el 66% de la herbivoría.

$$K = 0{,}66$$

NDE = Nivel de Daño Económico

Corresponde al número mínimo de individuos que pueden generar un daño que represente pérdidas económicas para el cultivo.

El NDE estaría dado por:

$$NDE = \frac{COP\$83.358}{\frac{COP\$14{,}5}{kg} * 0{,}000006 \frac{Insectos}{ha} * 8.700kg * 0{,}66}$$

$$NDE = 116.716 \text{ insectos/ha}$$

En el caso de la finca del valle del río Cesar, la densidad de siembra de la leucaena era de 10.000 plantas/hectárea, entonces la fórmula debe ajustarse de la siguiente manera:

$$NDE = \frac{116.716 \text{ insectos/ha}}{10.000 \text{ plantas/ha}}$$

$$NDE = 16{,}6 \text{ insectos/planta}$$

Este resultado sugiere que 17 insectos por planta es el mínimo de densidad de población que podría llegar a causar un daño económico en el SSPi. El NDE es el criterio más básico de decisión, es un valor teórico que, si es alcanzado por una población de la plaga, resultará en un daño económico (Pedigo 2019).

Es importante aclarar que NDE puede variar con el tiempo y el lugar durante una temporada, y es sensible a las condiciones ambientales, a las prácticas agronómicas, a los costos de los insumos y a las condiciones del precio del producto en el mercado.

Umbral de daño o Umbral de acción (UA)

Como se mencionó, el Umbral de Acción (UA) es la densidad de población a la que se debe iniciar un programa de control para evitar que la población genere un daño económico (Pedigo *et al*. 2019). Aunque medido en densidad de insectos, el UA es en realidad un momento para actuar, es decir, los números son simplemente un indicador de ese tiempo. El término de "umbral de acción" se relaciona precisamente con el verdadero significado del concepto.

En condiciones de campo, ante la aparición de una plaga, el umbral de acción debe determinarse previo a que se alcance el nivel de daño económico, con el objeto de contar con suficiente tiempo para el inicio de las medidas de control y para que estas medidas tengan efecto sobre la población de la plaga antes que el productor tenga pérdidas económicas. Por lo tanto, el nivel de daño económico se entiende como la densidad de la población de una plaga que causa una reducción en el valor del cultivo, sea en rendimiento o en calidad, mayor que el costo del tratamiento de control.

De acuerdo con Pedigo (2019), el UA es un valor complejo de establecer debido a que depende de estimar y predecir varios parámetros difíciles, entre los que se encuentran:

1. Calcular todas las variables del NDE debido a que el UA se basa en el NDE. En este caso, todas las variables fueron calculadas y se obtuvo el NDE.
2. Establecer la fenología de la plaga y sus hospedadores. En el caso de maría pirata, existen datos de densidad poblacional sólo para una época seca y una época de lluvias. Para establecer la fenología de la plaga, serían necesarios más años de muestreo consecutivo. Sin embargo, debido a que la plaga fue estacional y no se volvió a presentar en los SSPi de la región, no ha sido posible obtener este dato.
3. Determinar las tasas de crecimiento y lesiones de la población. La tasa de crecimiento depende del ciclo de vida del insecto y de los factores bióticos y abióticos que alteran su desarrollo. A pesar que el ciclo de vida de maría pirata se obtuvo en condiciones de laboratorio (ver detalles en capítulo 4), hasta el momento no ha sido posible datos del ciclo de vida en condiciones de campo y determinar las variables que retrasan o aceleran su desarrollo en el los SSPi del valle del río Cesar. Las lesiones que ocasiona la población si fueron cuantificadas en campo y el dato se utilizó para calcular el NDE.
4. Demoras asociadas con las tácticas de MIP utilizadas. En este caso de estudio, tampoco se tiene la información suficiente para saber el tiempo en que tardan las acciones de control en reducir las poblaciones de maría pirata. Si bien los controles utilizados como “plan de choque” funcionaron adecuadamente, no se logró establecer ni poner en marcha un Manejo Integrado de Plagas que pudiera ser monitoreado y que permitiera establecer datos confiables del tiempo que toman las acciones de control.

Por todas estas razones, en el caso de maría pirata en los SSPi del valle del río Cesar, no fue posible establecer el Umbral de Acción.

Hacer uso del control mecánico, cultural y biológico en conjunto y utilizar insecticidas químicos sólo en eventos críticos

En la época seca, en los SSPi del valle del río Cesar, las poblaciones de maría pirata alcanzaron valores promedio de 24 adultos por planta, lo que representaba una pérdida económica para el productor debido a la herbivoría y la reducción en la producción de biomasa forrajera. Por esta razón, se inició un programa de manejo que integró el control mecánico y biológico.

Control mecánico

En las horas de la mañana, cuando los insectos presentaban baja actividad y las hembras no habían descendido a ovipositar, se recurrió a una estrategia de control mecánico de las poblaciones de maría pirata. Para esto, se eligieron los lotes que tenían mayor tiempo de descanso (desde el día 35). En ellos, se dispusieron costales (sacos de fibra) en la base de las leucaenas. Con golpes fuertes y firmes, se movía cada plántula para que los insectos cayeran sobre el costal. Inmediatamente se recogían y se vertían a un recipiente que contenía agua y jabón para matar los insectos recolectados. Esta estrategia tomó cuatro horas de trabajo de tres personas, pero fue efectiva en reducir la población del insecto.

Control biológico

Se empleó el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bovetrópico), el cual, de acuerdo con la información de los proveedores, había sido multiplicado de cepas que tenían actividad entomopatógena en Acrididae, cercanos taxonómicamente a maría pirata.

El hongo se aplicó con una bomba de espalda, siguiendo las recomendaciones de los productores. Se eligió el final de la tarde para realizar la aplicación debido a que era la hora de mayor actividad de los insectos maría pirata y esta hora, además, garantizaba que las esporas germinaran durante la noche sin que se presentara deshidratación por la exposición directa al sol.

El uso del hongo resultó ser un control efectivo debido a que, a los pocos días, fue posible observar los insectos de maría pirata infectados. Varios meses después de la aplicación, se observaron insectos infectados, lo cual sugiere que el hongo quizá se estableció exitosamente en campo, posiblemente favorecido por las condiciones de sombra y humedad que se presentaban en los sistemas.

Evaluar la eficiencia de los programas a nivel de pequeños, medianos y grandes productores en diferentes regiones del país

La eficiencia del programa MIP que se utilizó para el control de maría pirata no pudo ser validado con otros productores en el país debido a que, desde 2011, no se volvió a presentar un ataque del insecto en los SSPi. En los últimos monitoreos, se observó una diversidad importante de aves que entraban a los SSPi a depredar los adultos de maría pirata. Posiblemente, en la medida en que los SSPi maduraron y se consolidaron, los enemigos naturales de maría pirata se establecieron con éxito y mantienen sus poblaciones reguladas.

Transferir los resultados a nivel de productores, técnicos y profesionales para mejorar la eficiencia de los sistemas productivos

Los resultados de la presente investigación han sido divulgados entre productores, técnicos y la comunidad científica. Se espera que la publicación de este texto contribuya a divulgar eficientemente los resultados obtenidos en el estudio y manejo de maría pirata *P. teretrirostris* en los SSPi del valle del río Cesar.

Ante el crecimiento de las áreas de sistemas silvopastoriles en Colombia, se hace cada vez más necesario, conocer los insectos plaga que se asocian a los sistemas productivos de cada región, su identidad, ciclo de vida, interacciones ecológicas, niveles de herbivoría, daño y efectividad de los controles utilizados.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de la investigación permitieron tomar decisiones acertadas respecto a las estrategias de control de acuerdo a la biología y comportamiento de la especie. Se sugiere hacer monitoreos constantes para evitar el incremento de las poblaciones en la época de mayor sequía, aplicar los productos biológicos en horas de la tarde cuando los insectos presentan una mayor actividad.

En las fincas ganaderas con sistemas silvopastoriles, es importante desarrollar estrategias de Manejo Integrado de Plagas para evitar usar productos químicos en el momento en que aparece una plaga con poblaciones altas en un corto tiempo. Las decisiones de los productores de realizar un control, deben considerar primero las alternativas biológicas y agroecológicas que permitan proteger la biodiversidad asociada al sistema y favorecer de esta manera, la regulación natural de insectos plaga que normalmente se da en estos sistemas.

Incrementar la diversidad de especies en los sistemas de producción ganadera, es fundamental para mejorar el servicio ambiental de control biológico que provee la fauna benéfica asociada a los sistemas productivos y reducir la vulnerabilidad y el riesgo de daño económico por el ataque de herbívoros.

P. teretrirostris es un insecto que no puede considerarse plaga en los SSPi establecidos en la región Caribe de Colombia debido a que su aparición fue temporal y el MIP fue exitoso para reducir sus poblaciones.

Agradecimientos

La investigación fue realizada en el marco del proyecto “Información financiera, climática y ambiental estratégica para conformar un núcleo de Sistemas Silvopastoriles Intensivos en el Valle del Río Cesar”, Convenio Especial de Cooperación 121 FEDEGAN FNG – CIPAV. Agradecimientos a Fedegan, el Fondo Nacional del Ganado por la financiación de la investigación y al Departamento de Biología de la Universidad del Valle por las facilidades del laboratorio y la estación experimental. A los evaluadores anónimos por sus valiosos comentarios.

Fotografías

Carolina Giraldo: Figuras 4, 7, 9, Páginas 61, 78, 81, 82.

Karen Reyes: Figuras 6, 8, Páginas 60, 73, 79, 80.

Literatura citada

Chará, J., Murgueitio, E., Zuluaga, A., Giraldo, C. (Eds.). 2011. Ganadería Colombiana Sostenible. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. 158p.

Giraldo, C., Montoya, S., Escobar, F. 2018. Escarabajos del estiércol en paisajes ganaderos de Colombia. Cali, Colombia. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. 146p.

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecology and Management, 261: 1654–1663.

Murgueitio, E., Xóchitl, M., Calle, Z., Chará, J., Barahona, R., Molina, C.H., Uribe F. 2015. Productividad en Sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. EN: Montagnini F., Somarriba E., Murgueitio E., Fassola H., Eibl B. (Eds). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica, Informe Técnico 402 CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p.

Pedigo, L.P. 2019. Economic Thresholds and Economic Injury Levels. Disponible en: https://ipmworld.umn.edu/pedigo. Fecha de consulta: Junio 14 de 2019.

Pedigo, L.P., Hutchins, S..H. & Higley, L.G. 1986. Economic injury levels in theory and Practics. Annual Review of Entomology. 31:341-368.

Rodríguez-Auad, Simonetti, I. 2001. Evaluación de la folivoría: una comparación de dos métodos. Ecología en Bolivia, 36:65-69.

Southwood, T. R. E., Norton, G. A. 1973. Economic aspects of pest management strategies and decisions. Ecological Society of Australia, 1:168-¬184.

Stern, V. M., Smith, R. F., van den Bosch, R., Hagen, K. S. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29:81-101.

CAPÍTULO 4

Aspectos biológicos y comportamiento de "maría pirata" Prosarthria teretrirostris (Orthoptera: Proscopiidae) en sistemas silvopastoriles intensivos del valle del río Cesar (Colombia)

Carolina Giraldo[1]
Karen Reyes[2]
James Montoya-Lerma[2]

[1]*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.*
[2]*Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia.*
carolina@fun.cipav.org.co

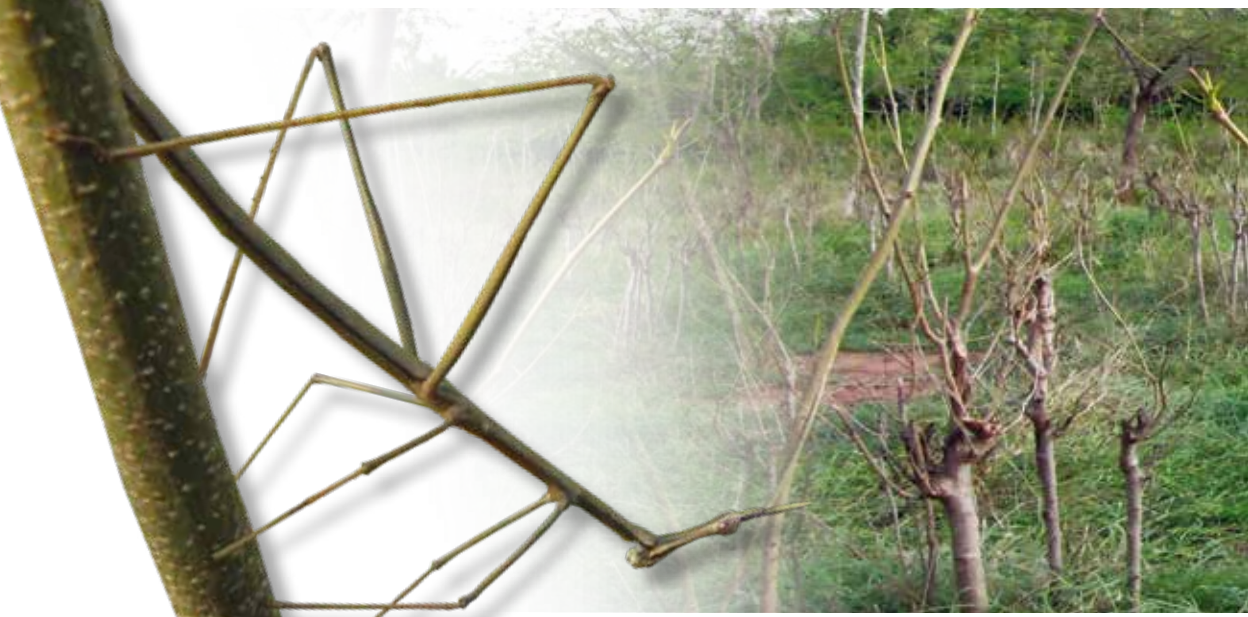
Resumen

En el año 2010, se registró por primera vez el insecto "maría pirata" *Prosarthria teretrirostris* Brunner von Wattenwyl (Orthoptera: Proscopiidae) asociado a la *Leucaena leucocephala* en los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) del valle del río Cesar. La abundancia de sus poblaciones y la alta tasa de herbivoría, generó alerta entre los productores debido a la pérdida considerable de biomasa forrajera y a la afectación generalizada de los lotes de pastoreo. Por esta razón, se inició una investigación en campo, invernadero y laboratorio, la cual tuvo el propósito de identificar el insecto, conocer aspectos biológicos y de comportamiento con la finalidad de sugerir posibles estrategias de manejo integrado. Los resultados demuestran que *P. teretrirostris* tiene desarrollo heterometábolo (metamorfosis simple o incompleta), el cual incluye tres etapas: huevo, ninfa y adulto. Los huevos son alargados y depositados en masa con forma de racimo. El promedio de huevos por hembra fue de 48 huevos. Los machos pasan por cinco estadios ninfales y las hembras por seis y tanto ninfas como adultos presentaron dimorfismo sexual. El adulto de *P. teretrirostris* posee cabeza, tórax y abdomen bien diferenciados, con tegumento duro. El abdomen está compuesto por segmentos que se articulan por medio de membranas. En condiciones de campo, se encontró que *P. teretrirostris* tiene preferencia por desarrollarse en plantas de leucaena y sus poblaciones fueron abundantes en los arbustos destinados al ramoneo de los bovinos. Las ninfas realizan la muda en el follaje, allí se alimentan durante la noche y reposan durante el día. Los adultos se aparean al atardecer. Las hembras adultas se refugian debajo del pasto Tanzania *Megathyrsus maximus* y ovipositan en el suelo, en donde construyen un túnel para facilitar la salida de las ninfas. Los resultados de la investigación son pioneros en el conocimiento de la biología y la ecología de la plaga ocasional *P. teretrirostris* asociada a los árboles y arbustos de leucaena en los SSPi.

Introducción

En Colombia, se tienen registros de varias especies de artrópodos que se asocian como plagas ocasionales de los sistemas silvopastoriles, los cuales son importantes porque pueden llegar a reducir la producción de biomasa forrajera en las áreas de pastoreo (Reyes *et al*. 2011; Reyes *et al*. 2010; Giraldo *et al*. 2011). En ocasiones, estos se han comportado como plagas que ponen en riesgo la estabilidad de los sistemas productivos a nivel local y regional. A escala global, los patrones estacionales de temperatura y precipitación constituyen los factores principales para determinar la distribución de organismos en el espacio.

Recientemente, mediante análisis de los parámetros histórico-climáticos, se ha logrado establecer relaciones funcionales de los elementos del clima con las cosechas y con la aparición de epidemias y plagas (Contreras & Galindo 2009; Barrientos *et al*. 1997). Ante los fenómenos climáticos extremos (sequías, olas de calor, períodos de mucho frío), los insectos pueden alterar su comportamiento, aumentar la densidad poblacional, tasa de fecundidad, número de generaciones por año, en etapas críticas del ciclo de vida (Marco 2001; Berg *et al*. 2010).



En el caso de los insectos pueden adaptarse a combinaciones de estos factores mediante selección natural o plasticidad de la especie, lo cual puede expresarse en la aparición de nuevas plagas en un área, su expansión en una zona geográfica lo cual puede expresarse en la aparición de nuevas plagas en un área, su expansión en una zona geográfica donde viven, en la presencia de plagas ocasionales, el incremento a manera de brotes periódicos o la reducción inusual de las plagas regulares (Vázquez 2011).

En el año 2010, se observó por primera vez *P. teretrirostris* asociada a la planta *Leucaena leucocephala* en los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) del valle del río Cesar, que por su alta tasa de herbivoría, generó alerta entre los productores debido a la pérdida considerable de biomasa forrajera y a la afectación generalizada de los lotes de pastoreo (Figura 1). La leucaena es una planta que se siembra en alta densidad en los SSPi (5000 – 6000 plantas por hectárea) para el ramoneo del ganado y puede llegar a producir 2 a 3.3 toneladas de materia verde por hectárea, cuando ha sido recién podada.

Figura 1. Daño causado por *P. teretrirostris* a los SSPi con *L. leucocephala* en el valle del río Cesar.

El incremento de sus poblaciones coincidió con una época de sequía prolongada, producto del fenómeno de El Niño (Reyes *et al*. 2010). En ese momento, se tomaron acciones inmediatas de control, aunque se desconocía sobre la biología, ecología de esta especie, debido a que sus poblaciones fueron altas, de más de 24 individuos/planta y su herbivoría estaba causando una alta defoliación de la leucaena en los lotes de pastoreo. Los detalles de las estrategias de manejo utilizadas se presentan en el capítulo 3 del presente libro.

P. teretrirostris, a primera vista, se asemeja a otros insectos conocidos popularmente como "insectos palo" o "maría palitos" (Phasmatoptera). Debido a esa similitud morfológica, se le asignó el nombre común de "maría pirata" y fue identificado como *Prosarthria teretrirostris*, familia Proscopiidae, orden Orthoptera. Este orden agrupa aquellos insectos comúnmente conocidos como chapulines, langostas, saltamontes y grillos.

Los proscópidos por su parte, se reconocen porque sus patas posteriores son grandes y robustas, adaptadas para saltar e, invariablemente, tienen tres segmentos tarsales. Sus antenas, son cortas. Tienen el ovipositor corto y el tímpano u órgano auditivo se sitúa en el primer segmento abdominal. Estos insectos carecen de alas. El dimorfismo sexual es muy pronunciado, siendo las hembras las de mayor tamaño (Figura 2).

Los proscópidos sólo se encuentran en el trópico americano y están distribuidos específicamente en Suramérica. Son muy comunes en las tierras altas andinas, pero además se registran en las planicies argentinas, uruguayas y en la Amazonía. Estos insectos se alimentan de plantas y frecuentemente son bastante especializados en su dieta. En Centroamérica están representados solo por una especie (*Proscopis septentrionalis*), reportada únicamente en los bosques de la falda Pacífica de Costa Rica (Rowell 1997).

Figura 2. Hembra y macho adultos de maría pirata. La hembra es de mayor tamaño.

P. teretrirostris es un insecto de hábito masticador que camina lento y, ante la detección de peligro, despliega un comportamiento de congelación conocido como tanatosis, tal como un insecto palo verdadero (Schultz 1981, Wolf 2001, citados por Burrows & Wolf 2002). Por esta razón, puede camuflarse fácilmente sobre la vegetación de la cual se alimenta.

En cuanto a su biología y comportamiento se conoce poco y no existen reportes de la especie como plaga de importancia económica, ni un umbral de daño para los sistemas productivos, aunque se ha reportado generando daño ocasional en árboles de *Acacia mangium* en plantaciones comerciales de la Costa Atlántica y La Orinoquía (Lores & Pinzón- Florián 2011). Por todo lo anterior, se planteó la presente investigación, con el propósito de establecer el tiempo de desarrollo y comportamiento de *P. teretrirostris* en los SSPi del valle del río Cesar y de esta manera, aportar elementos indispensables para diseñar futuras estrategias de manejo integrado de plagas en los sistemas de reconversión ganadera.

Métodos

Fase de laboratorio

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de entomología de la Universidad del Valle, sede Meléndez en la ciudad de Cali, Valle del Cauca (3°24'56" N, 76°30'10" W), a una temperatura ambiental promedio de 24°C y un fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.

El ciclo biológico se inició con 85 ninfas de primer estadio, recolectadas en campo en SSPi en arboles de leucena, *L. leucocephala* en fincas ganaderas del valle del río Cesar. Se usaron recipientes plásticos de 16 x 12 x 8 cm. En cada recipiente se dispusieron seis ninfas de primer estadio y se alimentaron diariamente con hojas frescas de *L. leucocephala*, suministradas a voluntad.

Para determinar la duración de cada estadio, las ninfas se marcaron sobre el tórax con una gota de pegante de diferente color (Figura 3). La ausencia de esta marca en el tórax, era indicativo inequívoco de que el individuo había sufrido un proceso reciente de muda y, por ende, había cambiado de estadio. El mismo día de la muda, se tomó la medida de la longitud del cuerpo (distancia entre la cabeza y la punta del abdomen, incluyendo el ovipositor). La ninfa recién emergida se marcó de nuevo para monitorear el tiempo de duración del siguiente estadio. La medida se tomó con un pie de rey digital para garantizar una mayor precisión.

Los recipientes fueron revisados diariamente para detectar con exactitud los tiempos de cada estadio y se limpiaron con etanol al 70 % para disminuir la mortalidad por causa de hongos.

Una vez que las ninfas alcanzaron la fase adulta, fueron aisladas en parejas para facilitar su apareamiento. Las parejas se dispusieron en recipientes esféricos de cristal (15 x 15 x 20cm), en el cual se simularon las condiciones naturales de campo donde se colectaron. Este lugar, tenía una mezcla de arena y tierra esterilizada en autoclave y tenía el propósito de obtener huevos y determinar la cantidad de veces que una hembra puede poner huevos durante su vida adulta.

Figura 3. Recipientes de cría y marcaje de insectos para cuantificación del tiempo de desarrollo de cada estadio ninfal.

El número de estadios larvales se obtuvo a partir de una gráfica de frecuencias de la longitud del cuerpo de los insectos medidos en condiciones de laboratorio.

Fase de invernadero

Se realizó un montaje de un microecosistema en condiciones de invernadero, con el propósito de simular las condiciones de los sistemas silvopastoriles intensivos en los que se encontraba la especie. Para esto, se dispuso una plántula de leucaena y una macolla de pasto tanzania, dentro de jaulas construidas con madera y forradas con malla fina (Figura 4). El propósito de las jaulas era estimular la oviposición por parte de las hembras e identificar los sitios de oviposición en campo, los cuales eran desconocidos.

Figura 4. Montaje del microhábitat de maría pirata en condiciones de invernadero foto (a) Vista general del terrario (b) Vista interna con la plántula de leucaena y la macolla de pasto tanzania (c) Vista interna del microhábitat en detalle.

Las plantas eran revisadas cuidadosamente en busca de huevos cada cinco días. Este periodo se consideró apropiado para minimizar la perturbación sobre el comportamiento de los insectos (figura 5).

Figura 5. Búsqueda de huevos de maría pirata en el suelo de las plantas bajo condiciones de invernadero.

Observaciones en campo

En condiciones de campo se realizaron observaciones del comportamiento básico de la especie (tipo de herbivoría, plantas hospederas, horas de actividad, búsqueda de sitios de oviposición, comportamiento reproductivo, entre otros). Las observaciones de campo se realizaron entre noviembre de 2010 y marzo de 2011 en los SSPi de dos fincas ganaderas del valle del río Cesar (Figura 6).

Figura 6. SSPi con *L. leucocephala*, pasto Tanzania, árboles nativos y maderables en el valle del río Cesar.

Resultados y discusión

Ciclo de vida

P. teretrirostris, al igual que el resto de los insectos heterometábolos, tiene un desarrollo con metamorfosis simple que incluye tres etapas: huevo, ninfa y adulto o imago, los cuales se describen a continuación:

- **Huevo**

A partir de las posturas que se obtuvieron en el laboratorio y de hembras disectadas, se registró un número promedio de 48 huevos/hembra (Figura 7). Los huevos son alargados y depositados en masa con forma de racimo llamado ooteca. Recién ovipositados son de color amarillo claro y se tornan más oscuros al segundo día. El huevo mide en promedio 9,7 ± 0,8 mm de largo y 4,6 ± 0,4 mm de ancho (Figura 8).

Figura 7. Hembra disectada de *P. teretrirostris* con huevos dispuestos en racimo.

Figura 8. Huevos de maría pirata dispuestos en racimo.

No fue posible determinar la duración del estadio de huevo, debido a que no se logró la eclosión de aquellos obtenidos en condiciones de laboratorio ni de invernadero. La emergencia del embrión de los proscópidos ocurre al finalizar el desarrollo, espontáneamente o debido a los diferentes factores, como la lluvia o incremento de la temperatura que actúan como factores para reiniciar el desarrollo, propiciando el nacimiento (Gullan & Cranston 2014). Después de 54 días desde la puesta de los huevos, no se observó eclosión.

- ***Ninfa y adulto***

Al igual que en todos los insectos hemimetábolos, en el periodo de ninfa, los individuos de maría pirata son morfológicamente similares a los adultos, pero de menor tamaño (Figura 9).

Figura 9. Abajo: hembra adulta de maría pirata. Arriba: ninfa de primer estadio.

A partir de la gráfica de distribución de frecuencias de la longitud del cuerpo, se obtuvo el número probable de estadios. En este caso, se asume que las frecuencias que caracterizan a los distintos estadios, son las máximas, en contraste con las frecuencias bajas, que se relacionan con los límites entre estadios, de acuerdo a la metodología propuesta por Dyar (1980).

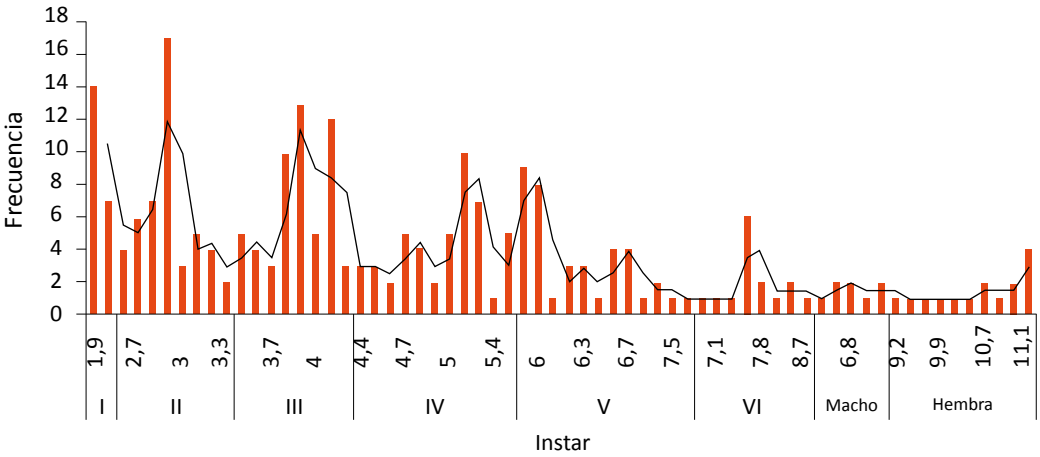


Figura 10. Frecuencias de las medidas de longitud corporal (cm) de *P. teretrirostris* bajo condiciones de laboratorio. Tamaño de la muestra: 80 individuos.

En la gráfica se observaron picos pronunciados dentro de cada estadio, lo cual significa que, aunque hay una gran variabilidad en las medidas, existe una tendencia hacia algunas de éstas. Los estadios y las medidas observadas (en cm), fueron las siguientes: I (1,9), II (2,9), III (3,9), IV (5,1), V (5,7), VI (7,5). El primero fue el más uniforme de todos, mientras que en los siguientes se observó mayor variabilidad (Figura 10).

A partir de los resultados, se encontró que los machos pasan por cinco estadios ninfales y las hembras por seis. También que algunas hembras de estadio VI son de mayor tamaño que los machos que se encuentran en su fase adulta. A medida que transcurre el desarrollo de las ninfas, éstas aumentan su tamaño corporal, se estima 1 cm en cada cambio de estadio (Figura 11; Tabla 1).

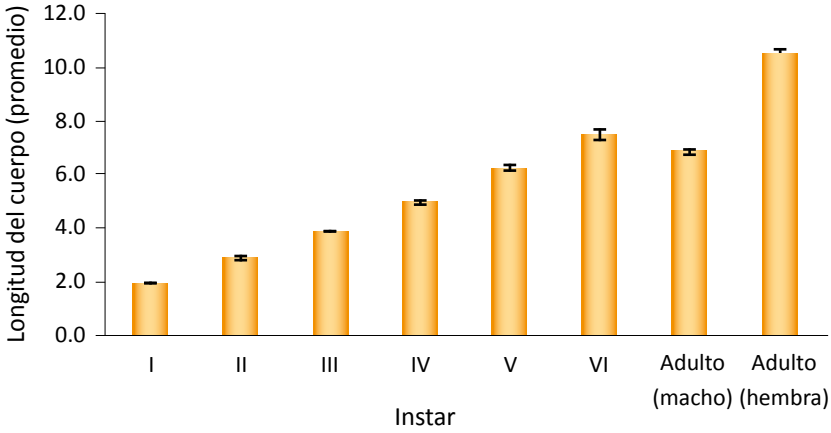


Figura 11. Promedio de la longitud corporal de ninfas y adultos de *P. teretrirostris* criados bajo condiciones de laboratorio. Las barras indican la desviación estándar.

Tabla 1. Longitud corporal (rango, promedio y error estándar) de los diferentes estadios de *P. teretrirostris* bajo condiciones de laboratorio.

INSTAR	I	II	III	IV	V	VI/ hembra	ADULTO (macho)	ADULTO (hembra)
Intervalos (Longitud en cm) min-max	1,9-2,1	2,6-3,3	3,5-4,2	4,4-4,5	*5,7-6,3 6-7,5	7 – 8,7	6,6-7,2	9,2-11,1
X + DS (Longitud en cm)	2,0 ±0,1	2,9±0,2	3,9± 0,2	5,0±0,3	6,3±0,5	7,5±0,7	6,9±0,2	10,5±0,7
Error	0,02	0,03	0,03	0,05	0,09	0,19	0,08	0,18

*Machos

• *Adulto*

La cabeza de *P. teretrirostris* es alargada y termina en la boca, la cual sobresale. El abdomen del adulto está compuesto por segmentos que se articulan por medio de membranas y en el último segmento se encuentran las estructuras reproductivas.

Los insectos en la fase adulta presentan dimorfismo sexual. Las hembras alcanzan un tamaño de 10,5 + 0,7 cm y son robustas. Los machos miden 6,9 + 0,2 cm (promedio y desviación estándar) y son delgados. La diferencia entre machos y hembras solo se puede observar desde el estadio IV, debido a variaciones morfológicas en el último segmento abdominal que permiten diferenciar la terminalia de hembras y machos por su forma (epi y paraprocto y placa subgenital) (Figura 12). La coloración de los adultos es marrón y su tono puede variar de claro a oscuro. En campo se observó que estos insectos tienen la capacidad de variar su color para camuflarse en la vegetación y evadir los depredadores.

Figura 12. Terminalia genital del macho (Izquierda) y de la hembra (derecha).

Después de la cópula, se observó fluido seminal, de color verde, en las estructuras reproductivas de machos y hembras (Figura 13).

Figura 13. Último segmento abdominal de *P. teretrirostris* donde se observan las terminalias genitales de macho (derecha) y hembra (izquierda) com fluido seminal después de la cópula.

En total el promedio del desarrollo ninfal de *P. teretrirostris*, bajo condiciones de laboratorio, fue de 139 días para hembras y 104 para machos. Sin embargo, este valor está subestimado debido a que no fue posible obtener ninfas recién nacidas en condiciones de laboratorio, entonces para el primer estadio, se utilizaron los valores promedios de la duración máxima que tenían desde que se capturaban en campo hasta su primera muda (Tabla 2).

Tabla 2. Duración promedio en días de los diferentes instares ninfales y la fase de adulto de *Prosarthria teretrirostris* bajo condiciones de laboratorio. Promedio (X), desviación estándar (DS) y error estándar.

ESTADIO	DURACIÓN (DÍAS) MIN - MAX	X +DS (DÍAS)	ERROR ESTÁNDAR
I*	9 - 16	11,5+3,8	1,05
II	10 - 33	22,5+6,8	1,53
III	9 - 33	25,3+4,0	0,73
IV	7 - 41	24,5+7,3	1,35
V	20 - 37	26,8+5,5	1,40
VI	29 - 39	34,5+6,4	2,68
Adulto (macho)	70		
Adulto (hembra)	50		

* Este valor no corresponde a la duración total del estadio ya que fue medido con los individuos que se colectaron en campo.

A partir de los resultados, se encontró que los machos pasan por cinco estadios ninfales y las hembras por seis. El estadio VI de las hembras tuvo la mayor duración y variabilidad, con una media de 34,5 + 6,4 días (promedio en días y desviación estándar). En cuanto a la longevidad de los adultos se encontró que los machos pueden vivir hasta 70 días en condiciones de laboratorio. En el caso de las hembras, pueden tener una longevidad cercana a los 50 días (Figura 14).

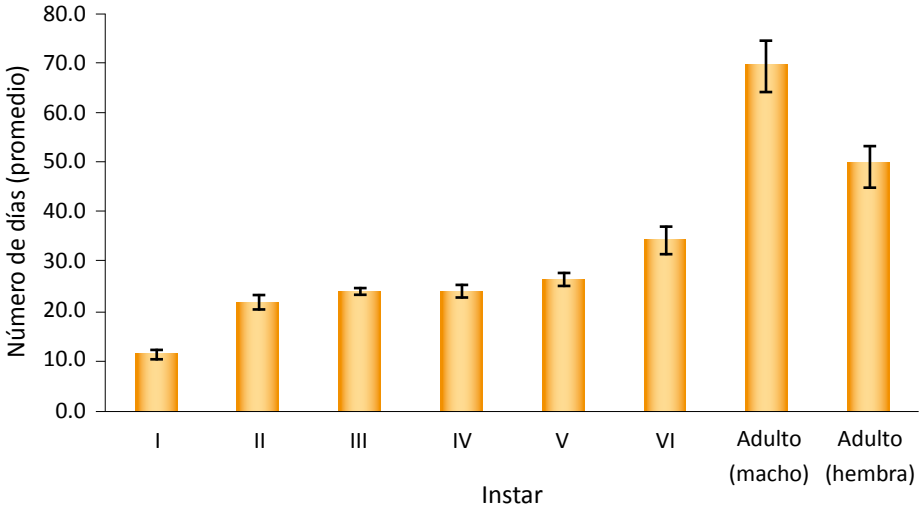


Figura 14. Promedio de días de instares ninfales y la fase de adulto de *P. teretrirostris* bajo condiciones de laboratorio. Las barras indican la desviación estándar.

Durante el primer experimento para investigar el desarrollo de *P. teretrirostris*, se obtuvo una alta mortalidad de las ninfas (81,1 %), debido principalmente al ataque de hongos entomopatógenos, que correspondían morfológicamente a cepas de *Beauveria bassiana*. Esta observación en condiciones de laboratorio, puede ser importante para establecer programas de manejo del insecto con hongos entomopatógenos en condiciones de campo. En un segundo experimento, se logró reducir la mortalidad al (37,1 %), al limpiar los recipientes diariamente con alcohol etílico al 70 %.

Comportamiento

En condiciones de campo, *P. teretrirostris* se encontró asociada a plantas de *L. leucocephala, Acacia mangium, Tectona grandis, Cordia alliodora* y *Eucaliptus tereticornis*. Sin embargo, mostró preferencia por el forraje de *L. leucocephala* y sus poblaciones fueron abundantes en los arbustos destinados al ramoneo de los bovinos en los SSPi.

En campo, las ninfas de primer estadio se observaron agrupadas y los adultos dispersos o en grupos (Figura 15).

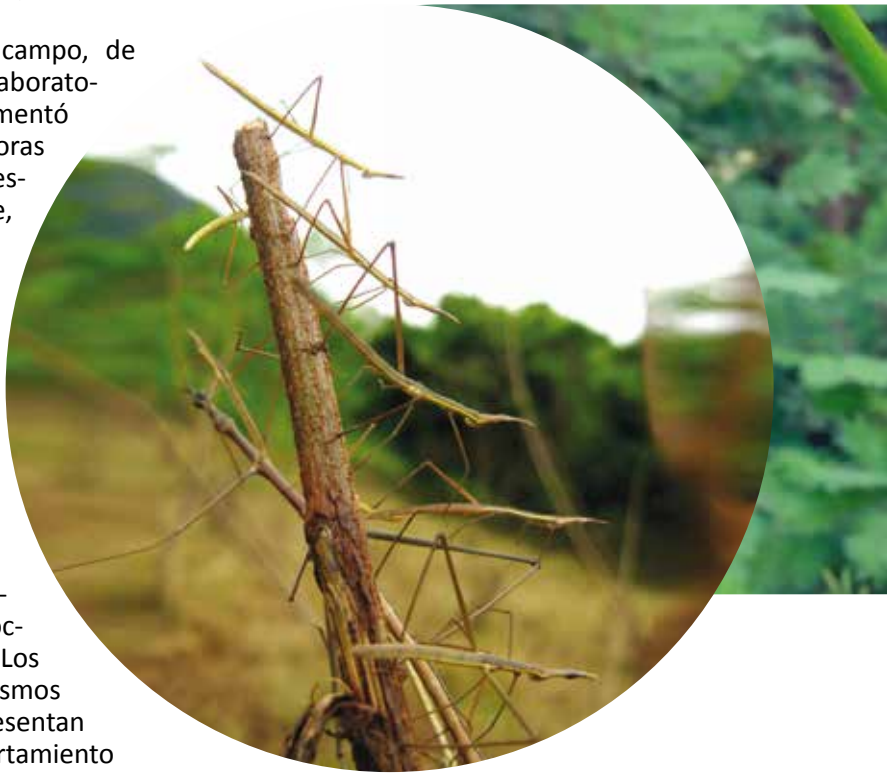


Figura 15. Ninfas y adultos de *P. teretrirostris* en condiciones de campo.

En condiciones de campo, de invernadero y de laboratorio, maría pirata aumentó su actividad en horas de la noche. La investigación sugiere que, factores como la luz, temperatura y humedad los cuales varían durante el día, influyeron en el comportamiento de estos insectos. El ciclo alterno iluminación - oscuridad actúa como una señal para que cambien sus actividades diurnas a nocturnas y viceversa. Los insectos son organismos poiquilotermos y presentan pautas de comportamiento adaptadas a obtener un aprovechamiento óptimo del calor de los rayos del sol. Por esta razón, durante las horas de mayor radiación, se observaron los insectos quietos, sin alimentarse, en las partes más altas de las plantas y, posteriormente, entre las 16:00-17:00 horas se observó que comenzaron a alimentarse. Se considera que a esta hora del día es recomendable hacer monitoreo para determinar la densidad de la población.

El proceso de muda se llevó a cabo en las hojas de la leucaena. Después de cada muda, las ninfas quedan muy débiles, expuestas a patógenos, depredadores y son incapaces de alimentarse. Los detalles de los enemigos naturales de *P. teretrirostris* se presentan en el capítulo 3 del presente libro.

En condiciones de campo, para realizar la muda, la ninfa se sujeta con la cabeza hacia abajo de una rama o una hoja. La cutícula vieja se rompe en la parte dorsal al nivel del protórax y, por último, salen las patas traseras. La ninfa, con la mitad de su cuerpo expuesto por fuera de la antigua cutícula, se voltea y se inmoviliza con la cabeza hacia arriba, colocándose en posición natural antes del rápido endurecimiento de su nuevo tegumento (Figura 16).

Figura 16. Derecha: Exuvia de *P. teretrirostris* después del cambio de estadio. Proceso de muda de *P. teretrirostris* en condiciones de campo. La flecha señala el lugar donde la cutícula se rompe para iniciar el proceso de muda.

En condiciones de laboratorio se observó que algunos insectos después de la muda resultaban con deformación permanente del cuerpo y con dificultad para orientarse.

El primer registro de la oviposición se obtuvo en el suelo en las macollas del pasto tanzania, en condiciones de invernadero, después de varios meses de observación (Figura 17). La hembra exhibe un comportamiento sigiloso al momento de desplazarse a ovipositar. Tiene movimientos lentos y elige un lugar en donde queda oculta debajo del pasto. La hembra entierra completamente el abdomen en el suelo, hasta el punto en donde se encuentran sus patas traseras. Después de varios minutos, deposita los huevos a 6 cm de profundidad en promedio en el suelo.

Una vez termina de poner los huevos, cubre la ooteca realizando movimientos con las valvas y después aplana la tierra ejecutando movimientos semi-circulares con el extremo del abdomen. Finalmente, al salir deja elaborado lo que parece un camino, posiblemente para facilitar la salida de las ninfas. Se observó que el proceso de oviposición lo realizan en horas de la tarde entre las 15:00 – 16:00 horas.

Figura 17. Proceso de oviposición de *P. teretrirostris* en condiciones de laboratorio.

La oviposición la realizan en el suelo. Los huevos son envueltos en una capa de materia espumosa que constituye una vía natural de salida de las ninfas recién nacidas. Algunas especies ovipositan directamente dentro del suelo sin la capa de materia espumosa, otras perforan los tallos de las plantas, o depositan sus racimos de huevos sobre las hojas de las plantas acuáticas inmersas en el agua (Barrientos *et al*. 1997).

El hallazgo del sitio de oviposición de la hembra fue muy importante para la investigación porque en condiciones de campo no había sido posible observar los huevos y esto se considera fundamental para establecer el programa de manejo. Una vez se observó el comportamiento de la hembra en condiciones de laboratorio, fue posible comprobar que, efectivamente, ovipositan debajo del pasto, en un lugar con sombrío, y posiblemente con menos compactación, que en las áreas abiertas. La hora de oviposición también coincide con la registrada en el invernadero.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de la presente investigación son pioneros en el estudio de la biología y comportamiento de maría pirata, una plaga ocasional de la leucaena, en sistemas silvopastoriles. En promedio, el tiempo de desarrollo de la ninfa de primer estadío (capturada en campo) a adulto, tarda aproximadamente 139 días para las hembras y 104 para los machos, tiempo en el cual todos los estadios se alimentan del follaje de la planta de leucaena. El incremento de las poblaciones puede ser exponencial si se tiene en cuenta que una hembra, en condiciones de campo, puede poner en promedio 48 huevos, lo cual debe tenerse en cuenta al diseñar estrategias de manejo.

La investigación muestra que la herbivoría de la especie se incrementa al finalizar la tarde y en horas de la noche, debido a que, durante el día, los insectos presentan una baja actividad. Las hembras ovipositan en el suelo, debajo del pasto tanzania, entre las 15:00 – 16:00 horas. En este sentido, conocer el comportamiento de la especie en condiciones de campo, permite identificar los momentos apropiados para establecer pautas de manejo a partir de estrategias de control biológico.

Se sugiere continuar investigaciones para determinar el tiempo de vida de los huevos y lograr la eclosión en laboratorio de los insectos de primer estadio. Posiblemente, la eclosión de los huevos dependa de condiciones particulares de humedad y temperatura que no fueron logradas en el invernadero. En condiciones de campo, los sistemas silvopastoriles del valle del río Cesar tienen en promedio 10 grados centígrados más que la temperatura del invernadero de Cali, lo cual puede ser un factor a tener en cuenta en futuros estudios.

Agradecimientos

La investigación fue realizada en el marco del proyecto “Información financiera, climática y ambiental estratégica para conformar un núcleo de Sistemas Silvopastoriles intensivos en el Valle del Río Cesar”, Convenio Especial de Cooperación 121 FEDEGAN FNG – CIPAV. Agradecimientos a Fedegan, el Fondo Nacional del Ganado por la financiación de la investigación, al Departamento de Biología de la Universidad del Valle por las facilidades del laboratorio y la estación experimental y al Dr. Alejandro Madrigal por su asesoría durante la investigación.

Fotografías

Carolina Giraldo: Figuras 1,2,4,5, 9, 12, 15. Páginas: 86, 89, 96,100, 106.

Karen Reyes: Figuras: 3, 6, 7, 8, 13, 16. Páginas: 84, 85, 104, 105.

Literatura citada

Barrientos, L., Cabrera, O., Bonilla, F., Martínez, O. 1997. 2do. Manual técnico sobre la langosta voladora (*Shistocerca piceifrons* Walker, 1870) y otros Acridoideos de Centro América y Sur Este de México. FAO-AGO/OIRSA. San Salvador, El Salvador. 162p.

Berg, M. P., Kiers, E. T., Driessen, G., van der Heijden, M., Kooi, B.W., Kuenen, F., Liefting, M., Verhoef, H., Ellers, J. 2010. Adapt or disperse: Understanding species persistence in a changing world. Global Change Biology, 16: 587–598

Burrows, M., Wolf, H. 2002. Jumping and kicking in the false stick insect *Prosarthria teretrirostris*: kinematics and motor control. Journal of Experimental Biology, 205: 1519 -1530.

Contreras, C., Galindo, G. 2009. Implicaciones y consecuencias del cambio climático. Universitarios Potosinos. Año 5, número 6. UASLP. 4-9p.

Gullan, P. J., Cranston, P.S. 2014. The Insects: An Outline of Entomology. 5th Edition. Wiley-Blackwell, West Sussex, UK. 624p.

Dyar, H. 1980. The number of molts of lepidopterous larvae. Psyche. 5: 420-422.

Giraldo, C., Reyes, K., Montoya, J., Calle, Z., Madrigal, A., Solarte, L., Murgueitio, E. 2011. Control de insectos dañinos en sistemas silvopastoriles intensivos asociada a los fenómenos climáticos extremos de 2009 - 2010 en el caribe seco colombiano. III Congreso sobre sistemas silvopastoriles intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI. Libro de memoria. México.

Lores, A., Pinzón-Florián, O. 2011. Insectos fitófagos en plantaciones comerciales de *Acacia mangium* Willd. en la costa atlántica y la Orinoquia colombiana. Colombia Forestal, 14(2), 175-188.

Marco, V. 2001. Modelación de la tasa de desarrollo de insectos en función de la temperatura. Aplicación al Manejo integrado de Plagas mediante el método de grados-días. Aracnet (Bol. S.E.A.) 7(28): 147-150.

Reyes, K., Giraldo, C., Montoya, J., Molina, E., Molina, C., Calle, Z., Murgueitio, E. 2010. Ciclo biológico de la polilla defoliadora de *Prosopis juliflora* (algarrobo) en un sistema silvopastoril del Valle del Cauca, Colombia. IV Congreso latinoamericano agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Panamá.

Reyes, K., Giraldo, C., Uribe, F., Murgueitio, E. 2011. Insectos en climas extremos en SSPI. Revista Carta Fedegan. No. 124: 102–105.

Rowell, C. H. F. 1997. Proscopiidae. In: Solís, A. (ed.) Las Familias de insectos de Costa Rica. INBio. http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto26.html

Schultz, J. 1981. Adaptive changes in antipredator behaviour of a grasshopper during development. Evolution, 35: 175–179.

Vázquez, L. 2011. Cambio climático, incidencia de plagas y prácticas agroecológicas resilientes. En: Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. Compiladores Ríos, Vargas y Funes-Monzote. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). San José de Las Lajas, Mayabeque. 75-101p.

CAPÍTULO 5

Revisión de la biología y métodos de control de la hormiga arriera Atta cephalotes (Hymenoptera: Myrmicinae)

Karen Castaño-Quintana[1,2]

[1]*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.*
[2]*Grupo GEAHNA, Universidad del Valle, Cali-Colombia*
karen@fun.cipav.org.co

Resumen

Las hormigas cortadoras de hojas, también llamadas arrieras, son insectos herbívoros de amplia distribución en Colombia. Estas hormigas son reconocidas como plaga en el sector agrícola, forestal y pecuario, debido al corte y transporte de grandes cantidades de material vegetal fresco al interior del nido para cultivar un hongo, con el que mantienen una relación simbiótica mutualista. En fincas ganaderas, el daño de las arrieras se ve reflejado en la disminución del alimento a causa de la defoliación de pastos y plantas para el ganado. Como método de control, la mayoría de los productores y campesinos utilizan productos de síntesis química para atacar a las hormigas cortadoras de hojas. Sin embargo, este método no es eficiente y genera diversos impactos negativos en la salud humana y animal, en el medio ambiente y en la economía de la finca. Es por esta razón que, en el presente capítulo, se comparte información importante sobre aspectos biológicos y métodos de control de las hormigas cortadoras de hojas, para tener en cuenta a la hora de seleccionar las estrategias más adecuadas que se ajusten a las condiciones del productor y de cada finca.

Introducción

Las hormigas cortadoras de hojas o arrieras, como se conocen comúnmente en Colombia, son un grupo de insectos perteneciente a la familia Formicidae dentro del orden Hymenoptera. Estas hormigas son reconocidas por su hábito de cortar y cosechar una gran cantidad de material vegetal fresco, que incluye principalmente hojas, así como flores, frutos, tallos y semillas de diversas especies de plantas (Della Lucia 2011) (Figura 1). Por esta razón, las hormigas cortadoras de hojas son consideradas los principales herbívoros de los ecosistemas Neotropicales (Wirth *et al*. 1997, Hölldobler & Wilson 2011) y su impacto se relaciona con el corte y transporte de millones de fragmentos de hojas que pueden alcanzar una cifra anual entre 70 y 500 Kg de material vegetal seco por nido (Correa *et al*. 2016).

Figura 1. Obreras de hormiga arriera *Atta cephalotes* cosechando material vegetal (hojas y semillas) para ingresar al nido.

En Colombia, las hormigas arrieras son conocidas en todas las regiones del país, especialmente en el sector agropecuario, debido a la frecuente presencia de estos insectos en el campo, donde los productores y campesinos las perciben como organismos plaga. En fincas ganaderas, por ejemplo, los productores deben enfrentarse al daño ocasionado por la defoliación que las hormigas arrieras realizan a las plantas forrajeras y pastos de los predios, lo cual afecta la cantidad de alimento disponible para el ganado (Contexto ganadero 2016).

Figura 2. Hormiga arriera en la Hacienda El Hatico, El Cerrito, Valle del Cauca. Izquierda: Parte exterior del nido con numerosas bocas. Derecha: Ataque a árbol de caoba *Swietenia macrophylla*.

Giraldo (2005) también confirma este hecho al reportar que, durante la implementación y desarrollo de sistemas ganaderos sostenibles en tres municipios del eje cafetero de Colombia, estas hormigas ocasionan un problema importante en el establecimiento inicial de silvopastoriles intensivos, cercos vivos, y arborización de potreros, debido al ataque sobre plántulas y arbustos, tanto en la etapa de vivero como recién plantados en los potreros.

Si bien las hormigas cortadoras de hojas son ampliamente conocidas en el país, el control de estos organismos en los sistemas productivos es aún poco eficiente. Prueba de ello es la búsqueda constante de productos y métodos para combatir estas hormigas en zonas rurales y urbanas de Colombia. En el municipio de Cali, por ejemplo, se destinan anualmente alrededor de 50 millones de pesos del presupuesto municipal para invertir en el control de esta especie, debido a la alta densidad de hormigueros en zonas verdes de la ciudad (Chacón de Ulloa *et al*. 2019).

La poca eficiencia en el control de las hormigas arrieras se debe, en parte, a que no se tienen en cuenta aspectos biológicos y comportamentales de estos organismos a la hora de diseñar los diferentes métodos para controlar sus poblaciones. Entre los comportamientos mas observados en estos insectos está el reconocimiento de sustancias tóxicas que perjudican a las hormigas o al hongo simbionte (Della Lucia 2011). Una vez es detectada la sustancia en cuestión, las obreras transportan el producto tóxico hacia cámaras aisladas del nido (Marinho *et al.* 2006) o lo descartan fuera del hormiguero.

Por esta razón, en este documento se comparte información biológica importante para tener en cuenta en el momento de seleccionar un método de control para este insecto. También se presenta información recopilada sobre las diferentes experiencias de manejo en el ámbito nacional e internacional, con el fin de que los productores y campesinos tengan a la mano amplias opciones de manejo y puedan seleccionar las estrategias que mejor se ajusten a sus condiciones.

Hormigas cortadoras de hojas

Las hormigas cortadoras de hojas son un grupo de insectos sociales, que, como se mencionó anteriormente, se caracterizan por el corte y acarreo de material vegetal, especialmente de hojas frescas, al interior de su colonia. Sin embargo, lo que algunos desconocen es que el transporte de forraje hacia el interior del nido se realiza con el fin de cultivar internamente un hongo para su alimentación. Las hormigas arrieras hacen parte de los pocos animales que cultivan hongos simbiontes para alimentarse, conformando de esta forma un grupo especial dentro de las hormigas, llamado Tribu Attini. Es así como toda esta labor de corte y acarreo es realizada para ofrecerle al hongo los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo (Martínez & Servin-Montoya 2002, Della Lucia 2003).

El hongo cultivado por las hormigas pertenece a la familia Lepiotaceae (Agaricales: Basidiomycota) dentro del grupo de los Basidiomicetos, y género *Leucocoprinus* (Mueller *et al*. 2017), el cual es transmitido verticalmente dentro de las especies de hormigas. Esto quiere decir que el hongo es transmitido de generación en generación y esa transferencia sucede antes del vuelo nupcial, cuando futuras reinas recogen un trozo del hongo con el cual comenzarán una nueva colonia, después de aparearse.

Dentro de la colonia el hongo es un organismo fundamental ya que es empleado para alimentar a las hormigas, especialmente a la reina y a las larvas (Hölldobler & Wilson 1990, Fernández *et al.* 2003) (Figura 3). Por esta razón, algunos métodos de control están enfocados en contaminar el hongo, para así atacar indirectamente a las hormigas y dejarlas sin alimento. Sin embargo, las hormigas no son las únicas que se benefician en esta relación. Debido a que el hongo necesita de la ayuda de las hormigas para su crecimiento y dispersión, se considera su relación como una simbiosis mutualista, es decir, que tanto las hormigas como el hongo se benefician y dependen el uno del otro de manera obligada.

Figura 3. Interior de un nido de hormiga arriera. Izquierda: Cámara subterránea con hongo simbionte. Derecha: Hongo simbionte con presencia de la reina y obreras.

Características principales de los nidos de hormigas cortadoras de hojas Atta y Acromyrmex

Las hormigas de los géneros *Atta* y *Acromyrmex* son las únicas que emplean material vegetal fresco para cultivar el hongo simbionte (Della Lucia 2011). Por esta razón, las hormigas pertenecientes a estos dos géneros son conocidas como hormigas cortadoras de hojas (Figura 4). De acuerdo con Fernández *et al*. (2015), existen 19 especies del género *Atta* y 30 especies de *Acromyrmex*, distribuidas desde Texas (EE. UU.) hasta el norte de Argentina. Es decir, las hormigas arrieras se encuentran únicamente en el continente americano.

Figura 4. Obreras de hormiga arriera cortando material vegetal para ingresar al nido.

En Colombia se encuentran ambos géneros, siendo más común el género *Atta*, el cual está representado por cuatro especies: *Atta cephalotes, Atta colombica, Atta laevigata* y *Atta sexdens*. La especie *A. cephalotes* ha sido registrada en 29 de los 32 departamentos del país, solamente en Atlántico, Guajira y San Andrés y Providencia, no se han reportado nidos de esta especie (Fernández *et al*. 2015). A continuación, se presenta información sobre los nidos de *Atta* y *Acromyrmex*.

Tabla 1. Características de los nidos de hormigas cortadoras de hojas.

Género *Atta*	Género *Acromyrmex*
Las colonias alcanzan un gran tamaño. Algunos nidos de *Atta cephalotes* pueden superar los **900 m²** de área externa (Chacón de Ulloa *et al*. 2019)	Las colonias son de menor tamaño que las de *Atta*. Nidos de *Acromyrmex rugosus* reportan áreas externas de **9,89 m²** (Versa *et al*. 2007).
Los nidos tienen un gran número de cámaras en su interior. El número promedio de cámaras reportadas para *Atta laevigata* es de **1.149** (en una colonia madura) (Holldobler & Wilson 2011).	Las colonias tienen pocas cámaras al interior del nido. El número de cámaras reportadas para *Acromyrmex rugosus rugosus* es de **26** (Versa *et al*. 2007).
Nidos más profundos. Se han encontrado cámaras entre **7 y 8 metros** de profundidad (Holldobler & Wilson 2011).	Nidos menos profundos que los de *Atta*. Se han encontrado cámaras del nido que sobrepasan los **4 metros** de profundidad en *A. landolti* (Della Lucia 2011).
Población abundante (de **1 a 7 millones de hormigas**, dependiendo de la especie) (Fowler *et al*. 1986)	Alcanzan poblaciones de entre **10.000 y 20.000 hormigas** (Fernández *et al.* 2015).
Tienen casta de hormigas grandes llamadas **soldados**, que aparecen cuando la colonia alcanza la madurez (aproximadamente a los 3 años) (Fernández *et al.* 2015).	**No tienen casta de soldados.**

Organización social y castas

Como todas las hormigas, las arrieras presentan una compleja organización social que según Hölldobler & Wilson (1990), se caracteriza por:

1. Las hormigas obreras protegen y alimentan a las crías que se encuentran en diferentes estados de desarrollo (huevo, larva y pupa).
2. En un mismo periodo de tiempo convive la reina y sus hijas obreras, lo cual se denomina superposición de generaciones.
3. Existe una clara división del trabajo donde se distingue la casta reproductora (reinas y machos) de la casta obrera.

Las hormigas cortadoras de hojas están compuestas por grupos de hormigas o castas. Una casta es un grupo de individuos, que se especializan en desempeñar ciertas funciones o actividades (Della Lucia 2011). En conjunto, las diferentes castas contribuyen al efectivo funcionamiento y reproducción de la colonia. En una colonia se pueden presentar tres grupos de hormigas: Reina, zánganos o machos y obreras (Fernández *et al.* 2015).

1. Reina

La reina es la hormiga más grande de la colonia, llega a medir alrededor de 2,5 cm de longitud (Figura 5) y tiene la función de perpetuar la especie a través del proceso reproductivo. La reina es la única hormiga de la colonia, que puede poner huevos fertilizados y llega a producir de 150 a 200 millones de hormigas hembras durante todo su tiempo de vida (Hölldobler & Wilson 2011), que está alrededor de 15 años (Fernández *et al.* 2015). Durante los procesos de manejo y control, extraer la reina del nido es un método efectivo ya que elimina directamente a la única hormiga capaz de reproducirse.

Figura 5. Reina de la hormiga arriera *Atta cephalotes*.

2. Zánganos o machos alados

Los zánganos son los únicos machos en la colonia y solo se encuentran durante las épocas de producción de nuevos nidos. Miden alrededor de 2 cm de longitud y tienen una función netamente reproductiva (Figura 6). Se encargan de proveer de esperma a la reina, mientras ella lo almacena y mantiene vivo por muchos años en un órgano especial del aparato reproductor llamado espermateca. Los machos viven un tiempo muy corto y mueren después de la cópula que ocurre durante el vuelo nupcial (Vélez 1997).

Figura 6. Zángano o macho alado de *Atta cephalotes.*

Figura 7. Alados hembra (derecha) y macho (izquierda) de *Atta cephalotes* después del vuelo nupcial. La hembra en proceso de excavación para la construcción de la nueva colonia.

Figura 8. Obreras de *A. cephalotes*, se observan diferentes tamaños.

3. Casta de obreras

Las obreras componen la mayoría de las hormigas que se encuentran en la colonia (Figura 8). Presentan un polimorfismo marcado con fuertes diferencias en tamaño y proporción anatómica (Hölldobler & Wilson 2011). En el caso del género *Atta*, se pueden encontrar tres subcastas de obreras: mínimas, medianas y mayores (Wetterer 1999).

A diferencia de la reina, las obreras pueden vivir muy poco, desde un mes hasta un año (Fernández *et al*. 2003).

3.1. Obreras mínimas

Son de tamaño pequeño (con ancho de la cabeza entre 0,8 a 1,6 mm), tienen la labor de cultivar el hongo simbionte dentro de la colonia, así como cuidar y alimentar a las crías y a la reina (Figura 9). En algunos casos, obreras mínimas son observadas fuera del hormiguero, en la pista de forrajeo. Se considera que estas hormigas se encargan de mantener la feromona de pista, usada por las hormigas para marcar el camino entre el nido y las plantas que son cortadas.

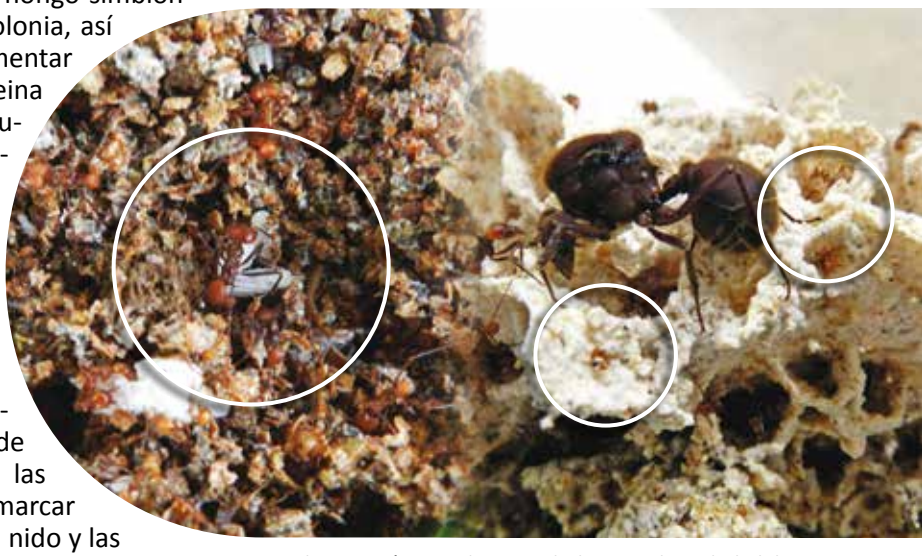


Figura 9. Obreras mínimas de *A. cephalotes* realizando la labor de cuidar a los estados inmaduros (larvas y pupas) (Izquierda) y de ayudar en el cultivo del hongo simbionte (Derecha).

3.2. Obreras medianas

Son de mayor tamaño que las obreras mínimas (ancho de la cabeza entre 0,8 a 2,2 mm), y tienen las funciones de cortar y transportar el material vegetal al interior del nido (Figura 10), participar del cultivo del hongo, ayudar a construir las cámaras y túneles al interior del nido y retirar los desechos que se generan como: hormigas muertas, material contaminado, trozos de hongo contaminado o muerto, entre otros.

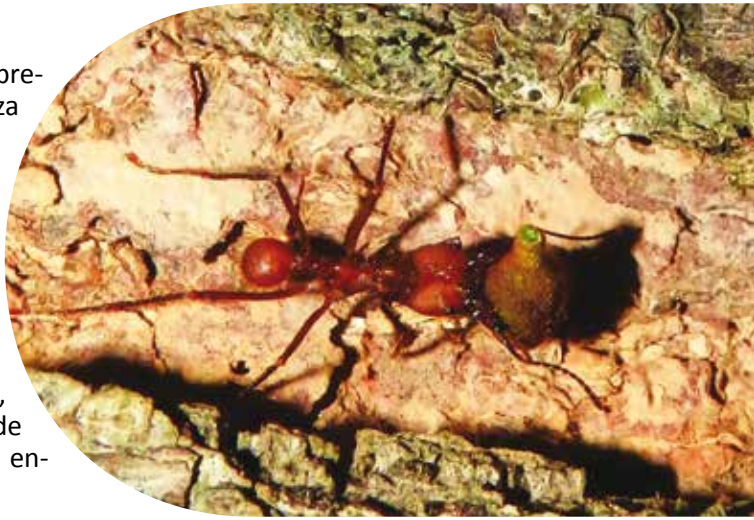


Figura 10. Obrera mediana ayudando a transportar material vegetal al interior del nido.

3.3. Obreras mayores

Son conocidas también como hormigas soldados que se encargan principalmente de la defensa de la colonia, al enfrentar grandes enemigos, especialmente vertebrados (Hölldobler & Wilson 2011). También colaboran en el corte de material vegetal de gran tamaño. Se caracterizan por poseer grandes mandíbulas y el ancho de su cabeza varía entre 4,4 y 8,8 mm (Giraldo-Echeverri 2009).

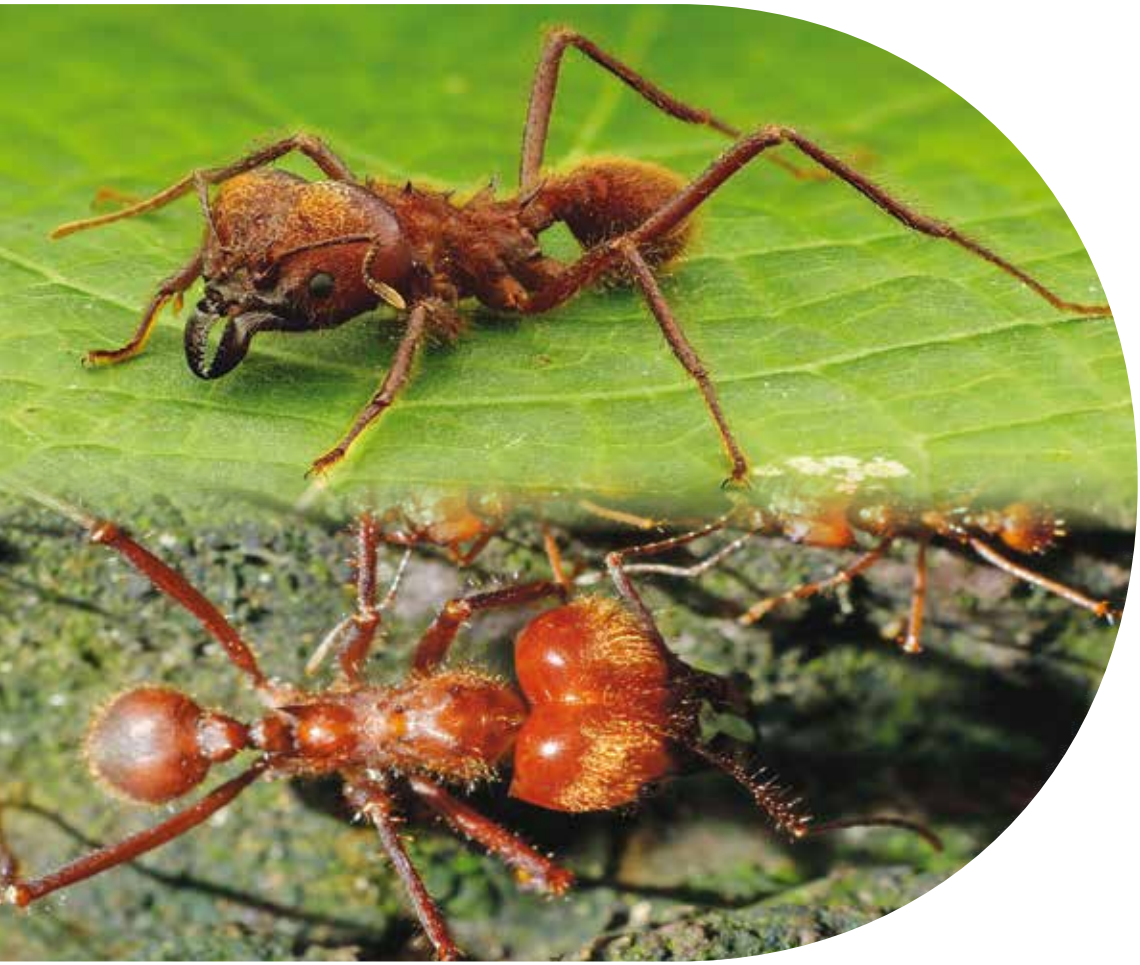


Figura 11. Arriba: Soldado de hormiga arriera.
Abajo: soldado y obreras medianas de *Atta cephalotes*.

Reproducción y fundación de nuevas colonias

Cuando un nido de hormiga arriera está maduro (más de tres años de conformado), la reina decide propagar su especie en la naturaleza, para lo cual, empieza a poner huevos especiales que van a dar origen a futuras reinas y zánganos (Figura 12).

Figura 12. Grandes larvas y pupas de hormiga arriera (Izquierda) se transformarán en reproductores alados (Derecha).

Para algunas zonas de Colombia, en dos periodos del año (abril-mayo y octubre-diciembre) que coinciden con las épocas de lluvia, nacen y emergen del nido las reinas y machos, los cuales vuelan y copulan en el aire. Este comportamiento se conoce como vuelo nupcial y es el preámbulo a la colonización y fundación de nuevos nidos. La futura reina copula con varios machos (se ha reportado de tres a ocho machos en reinas de la hormiga *A. sexdens*), para guardar gran cantidad de esperma en su interior. Se calcula que cada reina almacena aproximadamente 200 a 320 millones de células espermáticas (Hölldobler & Wilson 2011), y luego se entierra para formar el nuevo hormiguero (Figura 13). El macho por su parte muere pocas horas después de la cópula.

Figura 13. Formación de nuevas colonias de las hormigas cortadoras de hojas *Atta cephalotes.*
A. Reina alada excavando para formar el nuevo hormiguero.
B. Reina enterrándose durante la formación del hormiguero.
C. Interior de un nuevo hormiguero de *A. cephalotes.*

Después del vuelo nupcial las reinas jóvenes se encuentran expuestas en el suelo mientras realizan la excavación de su nuevo nido, proceso que puede tomar algunas horas y durante el cual es muy fácil capturar las reinas y así evitar la formación de nuevos hormigueros. De igual manera, las reinas son vulnerables al ataque de aves o mamiferos. Las reinas que consiguen finalizar la excavación construyen una pequeña cámara entre 20 y 30 cm de profundidad (a veces menos), después de cerrar el ingreso desde el exterior (Hölldobler & Wilson 2011). Debido a su poca profundidad, es relativamente sencillo realizar su extracción.

La formación del nuevo nido se puede observar externamente a través de la presencia de un pequeño montículo de tierra (Figura 14), el cual aparece con el nacimiento de las primeras obreras, aproximadamente 60 días después del vuelo nupcial.

Figura 14. Nido incipiente de hormiga arriera *A. cephalotes.*

¿Por qué la hormiga arriera es considerada plaga?

Las hormigas cortadoras ofrecen diferentes funciones ecológicas importantes en la naturaleza como la dispersión de semillas, la incorporación de nutrientes al suelo, y la descompactación y remoción de suelo (Montoya-Lerma *et al*. 2012). En Panamá, por ejemplo, la especie *Atta colombica* incrementa las concentraciones de macronutrientes en los nidos, comparado con suelos de áreas circundantes donde no hay nidos de hormigas (Haines 1978).

Figura 15. Mango defoliado por la hormiga arriera *A. cephalotes*. Los árboles de mango también son altamente atacados por las hormigas arrieras.

A pesar de estos beneficios ecológicos, las arrieras han sido acusadas de ser organismos plaga, especialmente por el sector agrícola y forestal, debido a su hábito de cortar una gran variedad de vegetación. Esta defoliación conlleva a la disminución de la producción en los cultivos, afectando la rentabilidad de los sistemas agropecuarios.

Sin embargo, calcular las pérdidas económicas resultantes del ataque de las hormigas cortadoras es difícil debido al amplio rango de daño que ellas causan (Knapp 1990). De acuerdo con Montoya-Lerma *et al*. (2012), las hormigas cortadoras de hojas se consideran una plaga "cuando su presencia y abundancia amenazan el retorno o la ganancia de una inversión en una granja, disminuyendo la cantidad y/o calidad de un producto agrícola''.

Debido a la distribución principalmente tropical de las hormigas arrieras, los cultivos más atacados son el café, cacao, cítricos, yuca y algodón (Montoya-Lerma *et al*. 2012). Se calcula que 47 cultivos agrícolas y hortícolas y 13 especies de pastos son atacados por las cortadoras de hojas (Fernández *et al*. 2015). También, algunas especies que se encuentran en bosques o especies utilizadas en sistemas silvopastoriles son afectadas (Cherrett 1968, Moulaert *et al*. 2002, Montoya-Lerma *et al*. 2012).

En fincas ganaderas la hormiga arriera constituye un problema por la defoliación de plantas forrajeras y pastos. En Colombia, los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit son altamente atacados por las arrieras, limitando el cultivo durante la fase de establecimiento (Giraldo 2007).

En Cuba la situación es similar. Los cultivos de *L. leucocephala* utilizados en alimentación animal, son altamente sensibles al ataque de *Atta insularis*, especialmente durante el período de establecimiento de las plántulas (Barrientos 1987).

Por su parte, Serrano *et al*. en el año 1993 encontro que *Acromyrmex landolti* y *Atta laevigata* son las hormigas arrieras más importantes de pastos en América del Sur. Las colonias pequeñas de *A. laevigata* muestran una alta preferencia por los pastos y son más difíciles de controlar, causando un mayor daño económico a los pastizales. La hormiga *Ac. landolti* puede ser responsable de pérdidas de productividad de hasta el 98% en los pastos de ganado en la región de Caquetá en Colombia (Serrano *et al*. 1993) y, además, parece que la presencia de estos insectos afecta la actividad de los rebaños y reduce el valor económico de las tierras (Fowler & Saes 1986).

Figura 16. *Atta cephalotes* anidando en carretera (zona urbana de Cali, Colombia).

Más allá del efecto evidente de defoliación de las hormigas cortadoras sobre las plantas y pastos, el desarrollo de los nidos subterráneos y las excavaciones realizadas por las hormigas, ejercen un efecto importante en el suelo. En estructuras como diques, carreteras, o edificaciones, la presencia de la hormiga arriera se identifica como un potencial problema (Figura 16), dado que durante la construcción de sus nidos remueven gran cantidad de tierra, desestabilizan las bases y facilitan los procesos de subsidencia en las construcciones. Básicamente, sus nidos pueden alcanzar hasta siete metros de profundidad con cámaras interconectadas por túneles (para la especie *Atta laevigata*) (Moreira *et al*. 2004, Della Lucia 2011), generando vacíos al interior o debajo de estructuras, lo que ocasiona una disminución en la resistencia de éstas. Por su parte, en las zonas verdes también genera inconvenientes al anidar en parques, zonas de recreación y deportes. En Cali se ha estimado que afecta aproximadamente el 60% de las zonas verdes de la ciudad (Chacón de Ulloa 2003).

Control de hormigas arrieras

Los métodos de control para las hormigas cortadoras involucran el uso de sustancias químicas como principal estrategia, seguido en menor proporción por el control biológico, mecánico y cultural (Della Lucia 2003). Sin embargo, el uso de plaguicidas de síntesis química es un procedimiento limitado e insatisfactorio (Boulogne *et al*. 2014, Hebling *et al*. 2000, Castaño *et al*. 2013). Además, ocasiona grandes desventajas en los sistemas agroecológicos debido a que genera una disminución de los enemigos naturales que ayudan a controlar naturalmente a la hormiga arriera. Por otro lado, las hormigas adquieren resistencia a los insecticidas, a través del despliegue de comportamientos que evitan los efectos negativos causados por estos, lo cual ocasiona una demanda de productos más tóxicos y costosos.

Sumado a esto, los efectos nocivos en la salud animal y humana, la contaminación de los alimentos y el medio ambiente, así como el incremento en los costos de producción, hacen necesaria la implementación de métodos alternativos para el control de las hormigas arrieras.

En este sentido, el Manejo Integrado de Plagas – MIP, se perfila como una buena alternativa de control, ya que, además de reducir el uso de los insecticidas y su efecto nocivo, tiene la ventaja de combinar diferentes métodos de control (biológico, físico, cultural, mecánico o incluso el control químico bajo condiciones reguladas), con el fin de buscar la estrategia más eficiente para combatir a las arrieras. En el caso de las hormigas cortadoras de hojas, la efectividad de cualquier tipo de control está ligada a la afectación del hongo simbionte o de la reina, eslabones claves en el funcionamiento de la colonia (Chacón de Ulloa *et al*. 2019).

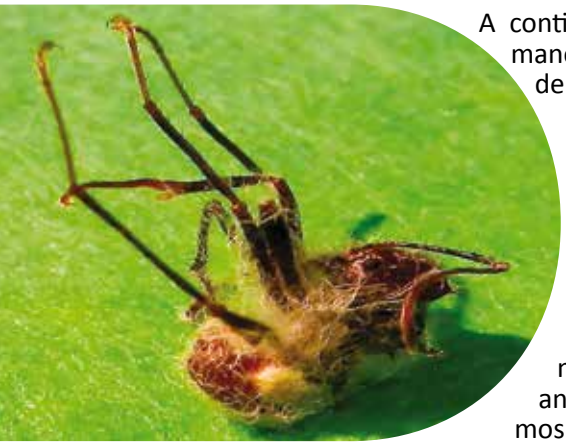


Figura 17. Obrera de *A. cephalotes* infectada por un hongo entomopatógeno.

A continuación, se describen algunas estrategias de manejo de las hormigas cortadoras de hojas dentro de un Manejo Integrado de Plagas:

Control biológico

Consiste en la utilización de organismos vivos para combatir a las hormigas arrieras. Dentro del control biológico, el método más usado en la actualidad es la aplicación de microorganismos que afecten al hongo simbionte (hongos antagonistas) o a las hormigas (microorganismos entomopatógenos). Por ejemplo, Quiroz *et al*. (1996) encontraron que los hongos entomopatógenos son uno de los agentes más importantes en la mortalidad de reinas *A. mexicana*.

Los microorganismos registrados en el control de las hormigas arrieras se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Microorganismos con actividad entomopatógena y antagonista usados en el control de hormigas arrieras de acuerdo con estudios llevados a cabo por López &Orduz 2003, Pérez 2002, Quiroz *et al*. 1996, Rodríguez *et al*. 2008 y Santos *et al*. 2007.

MICROORGANISMO	CLASE	ACCIÓN SOBRE
Beauveria bassiana (Hypocreales: Clavicipitaceae)	Hongo	Hormigas
Metarhizium anisopliae (Hypocreales: Clavicipitaceae)	Hongo	Hormigas
Aspergillus parasiticus (Eurotiales: Trichocomaceae)	Hongo	Hormigas
Bacillus subtilis (Bacillales: Bacillaceae)	Bacteria	Hormigas
Aspergillus sp. (Eurotiales: Trichocomaceae)	Hongo	Hormigas
Fusarium sp. (Hypocreales: Nectriaceae)	Hongo	Hormigas
Paecilomyces sp. conocido ahora como *Isaria* (Hypocreales: Clavicipitaceae)	Hongo	Hormigas
Paecilomyces farinosus o *Isaria farinosa* (Hypocreales: Clavicipitaceae)	Hongo	Hormigas
Lecanicillium sp. (Hypocreales: Clavicipitaceae)	Hongo	Hormigas
Trichoderma sp. (Hypocreales: Hypocreaceae)	Hongo	Hongo mutualista
Trichoderma viride (Hypocreales: Hypocreaceae)	Hongo	Hongo mutualista
Trichoderma lignorum (Hypocreales: Hypocreaceae)	Hongo	Hongo mutualista

A nivel comercial, *Beauveria*, *Metarhizium* y *Trichoderma* son los géneros de hongos más utilizados en el control de la hormiga arriera (López & Orduz 2002, Castro & Martínez 2008, Ortiz-Giraldo *et al*. 2013, Chacón de Ulloa *et al*. 2019).

En las casas comerciales es posible encontrar productos biológicos que tengan los microorganismos mencionados en la tabla 1. En algunos casos los productos utilizan solo un microorganismo y en otros contienen mezclas de ellos con el fin de buscar acción sobre las hormigas y sobre el hongo simbionte al mismo tiempo.

De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, en el país existen alrededor de 120 productos comerciales a base de microorganismos, los cuales están clasificados como agentes de control biológico, y pueden emplearse teniendo en cuenta la información de la tabla 1. Los productos comerciales se pueden consultar en la página web de ICA que se enseña a continuación: https://www.ica.gov.co/getdoc/2ad9e987-8f69-4358-b8a9-e6ee6dcc8132/productos-bioinsumos-mayo-13-de-2008.aspx

Insumos biológicos a base de microorganismos pueden encontrarse en presentaciones líquidas, polvos, granulados, soluciones o incluso en cebos, por tanto, se pueden aplicar a través de fumigadora (líquidos y soluciones), insufladora (polvos) o manual (cebos y polvos), de acuerdo a las instrucciones de la etiqueta de cada producto, y siguiendo siempre las recomendaciones de seguridad. La termonebulizadora puede emplearse en la aplicación de microorganismos termoresistentes como la bacteria *Bacillus subtilis*, que, de acuerdo a ensayos realizados en la Universidad del Valle, continúa viable y con buen crecimiento en laboratorio después de su paso por la termonebulizadora (Castaño-Quintana & Rodríguez 2015).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que las hormigas tienen diferentes mecanismos de defensa que pueden dificultar la efectividad de los métodos de control con microorganismos. Uno de esos mecanismos consiste en la limpieza constante que realizan las obreras a sus compañeras (Abramowski *et al*. 2011) y al material vegetal que ingresan al nido (Peña-Estrella *et al*. 2013). Además, las hormigas tienen glándulas metapleurales, que secretan varias sustancias ácidas y que inhiben la germinación de algunos hongos entomopatógenos (Poulsen *et al*. 2002).

Por otro lado, *A. cephalotes* tiene asociado a su exoesqueleto una bacteria, *Serratia marcescens* (Enterobacteriaceae), que al parecer protege a la colonia al inhibir el crecimiento de hongos entomopatógenos (Ortíz-Giraldo *et al*. 2013; Rengifo-Ruiz *et al*. 2013). Asimismo, se ha reportado que hormigas del género *Acromyrmex* podrían presentar sistemas, probablemente olfativos, con la función de reconocer hongos entomopatógenos (Machado *et al*. 1988).

Todos estos comportamientos de las hormigas cortadoras de hojas podrían ayudar a la defensa y reducción en la diseminación, y en los efectos de los microorganismos aplicados a las colonias.

Enemigos naturales

Entre los enemigos naturales de las hormigas cortadoras de hojas, los dípteros de la familia Phoridae son uno de los grupos más reconocidos y estudiados (Della Lucia 2011). Los Phoridae son moscas de tamaño pequeño que se caracterizan por sobrevolar y perseguir a las hormigas cuando éstas salen del nido a forrajear, para introducir en ellas sus huevos a través de un ovipositor (órgano para depositar huevos). Posteriormente, la larva eclosiona dentro de la hormiga y consume los tejidos internos, causándole la muerte (Della Lucía *et al*. 2014, Montoya-Lerma *et al*. 2012, Holldobler & Wilson 2011).

Figura 18. Enemigo natural de hormiga arriera: Mosca de la familia Phoridae.

Por otra parte, aves como el Pellar *Vanellus chilensis*, la Pigua *Milvago chimachima*, el garrapatero *Crotophaga anni* y el Coclí *Therysticus caudatus*, han sido observadas consumiendo alados de hormiga arriera, evitando así la formación de nuevos nidos (Giraldo *et al*. 2015). Otras aves reportadas en la depredación de hormigas arrieras son: el sirirí común (*Tyrannus melancholicus*), el bichofué (*Pitangus sulphuratus*), las golondrinas (Hirundinidae), los vencejos (Apodidae), los pinches (*Zonotrichia capensis*), y el abejero escarlata (*Merops rubicus*) (Madrigal 2003, Fernández *et al*. 2015).

Figura 19. Pellar *Vanellus chilensis*, consumidor de alados de *A. cephalotes*.

Entre los mamíferos se conocen el armadillo (*Dasypus novemcincta*) y los osos hormigueros del género *Tamandua*, quienes ayudan al control natural de las hormigas arrieras a través de la depredación. Así mismo, las hormigas *Nomamymex esenbecki*, *N. hartigi* y *Paratrechina longicornis*; los chinches *Vescia agrensis* (Hemiptera: Reduviidae) y cucarrones como *Canthon virens* (Scarabaeidae) y *Taenilobus sulcipes* (Carabidae) depredan a las arrieras (Madrigal 2003, Della Lucia 2011, Fernández *et al*. 2015).

Para fortalecer la regulación de las poblaciones de hormigas arrieras a través de la acción de enemigos naturales, es necesario favorecer la presencia de estos organismos en los sistemas productivos a través de prácticas agroecológicas, entre las que se incluye la reducción del uso de plaguicidas y la siembra de vegetación nativa. En plantaciones de Eucalipto en Brasil, por ejemplo, un estudio realizado por Zaneti *et al*. (2000) verificaron una reducción de la densidad de colonias de hormigas cortadoras cuando el cultivo era rodeado por franjas de vegetación nativa, sugiriendo que estas podrían servir de refugio para los enemigos naturales de las hormigas.

Control físico

Consiste en el uso de barreras físicas que impidan el acceso de obreras forrajeras a las plantas. Las barreras más comunes consisten en el uso de neumáticos, pegantes y fibras o algodón, que obstruyan o dificulten el paso de las obreras. De acuerdo con Yepes (1999), anteriormente ataban manojos de hierbas, a los trancos de los árboles para reducir el ataque de las hormigas arrieras. El uso de tiras de plástico embebidas en grasa o vaselina también es una práctica común. El control físico es un método fácil y económico para usar a pequeña escala (Montoya-Lerma *et al*. 2012). Dentro de este método, también se puede emplear los desechos de otros nidos de hormigas cortadoras alrededor de las plantas, aplicados como abono. Estos desechos tienen un olor particular que repele el ataque de las obreras forrejeras y minimiza la defoliación de las plantas por varias semanas (Zeh *et al*. 1999).

Figura 20. Barrera de papel impregnado de vaselina para dificultar el paso de la hormiga arriera.

Este método se recomienda utilizar en árboles aislados y áreas pequeñas.

Control cultural

Se refiere a la aplicación de técnicas artesanales como el consumo de reinas (hormigas culonas), entierro de cadáveres en los nidos, preparación de compostaje, siembra de plantas repelentes, diversificación de cultivos, entre otros. En el departamento de Santander, en Colombia, las personas tienen la costumbre de capturar las reinas aladas de la especie *A. laevigata* durante el vuelo nupcial, y consumirlas en diferentes preparaciones. En esta zona las reinas son llamadas hormigas "culonas" o "santandereanas". La captura de alados y la ingestión de las hormigas reinas como alimento ejerce una presión sobre la población de hormigas cortadoras.

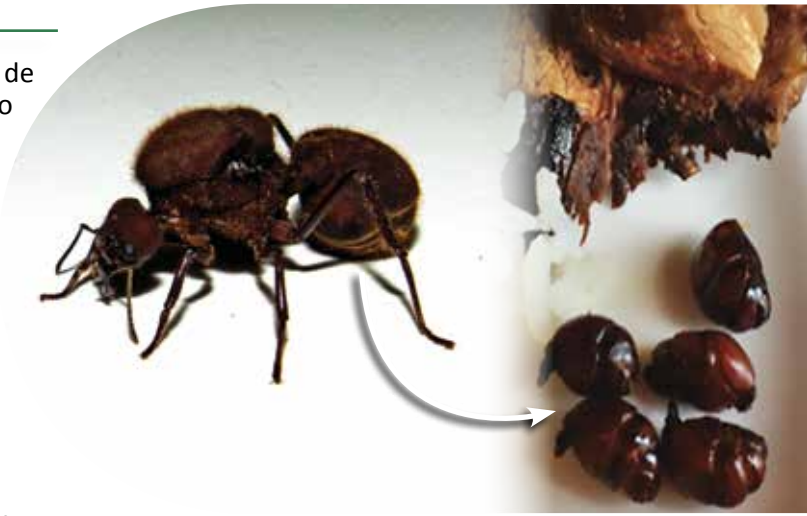


Figura 21. Plato especial preparado con abdomen o "culitos" de hormiga arriera en el departamento de Santander, Colombia.

Por otra parte, la siembra de plantas que afecten la actividad de forrajeo por parte de las hormigas, es otra técnica de control cultural. Por ejemplo, plantas con acción repelente se siembran alrededor de los cultivos como barreras, para disminuir el ataque de las hormigas. En la tabla 2 se mencionan algunas plantas utilizadas en el control de las hormigas arrieras de acuerdo con diferentes investigadores (Bigi *et al.* 2004, Bueno et al. 2005, Castaño-Quintana *et al.* 2013, Giraldo-Echeverri 2005, Méndez 2000, Oliveira *et al.* 2006, Rodriguez *et al.* 2015, Serna & Correa 2003, Valderrama-Eslava *et al.* 2009 y Yepes 1999).

Figura 22. Botón de oro: Planta repelente de la hormiga arriera

Tabla 2. Uso de plantas con diferentes propiedades que afectan el forrajeo de las hormigas arrieras.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	USO	AUTOR
Botón de oro, falso girasol, mirasol.	*Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (Asteraceae)	**Abono verde:** se corta la mayor parte de la biomasa de la planta y se deposita sobre la base del árbol que se quiere abonar y proteger. Aplicación cada diez semanas aprox. **Cultivo de barrera:** se siembra alrededor o al interior del cultivo de interés para evitar o reducir el ingreso y la defoliación por parte de las hormigas. Tiene efecto insectida en las hormigas. **Mulche:** se cubre el nido de arriera completamente con ramas y hojas de la planta. Aplicación cada 15 días. Nidos pequeños a medianos. **Cebo:** Se utiliza las hojas secas del botón de oro para preparar un cebo y así estimular el acarreo del cebo al interior del nido. La elaboración del cebo se explica más adelante.	Giraldo-Echeverri 2005, Castaño-Quintana *et al*. 2013, Rodríguez *et al.* 2015, Universidad Tecnológica del Chocó 2013.
Frijol blanco, Haba blanca	*Canavalia ensiformis* L. (Fabaceae)	**Cultivo trampa:** Se siembra el frijol blanco alrededor del cultivo, o intercalado con el cultivo principal, con el fin de que el frijol blanco sea objeto de defoliación. **Mulche:** Se cubre el hormiguero y sus alrededores con 10 o 20 kilogramos de hojas de Canavalia. La Canavalia posee metabolitos secundarios que afecta tanto a las hormigas como al hongo de la colonia.	Yepes 1999, Universidad Tecnológica del Chocó 2013, Méndez 2000, Valderrama-Eslava *et al*. 2009.
Ajonjolí o sésamo	*Sesamun indicum* L. (Pedaliaceae)	**Cultivo trampa:** Se siembra el ajonjolí alrededor del cultivo, para que sea defoliado en lugar del cultivo de interés. Esta planta posee metabolitos secundarios que afectan a las hormigas.	Yepes 1999, Universidad Tecnológica del Chocó 2013.
Caléndula, clavel	*Tagetes sp.* (Asteraceae)	**Cultivo de barrera:** la caléndula es una planta repelente, por tanto se siembra cerca de los hormigueros o alrededor del cultivo de interés para evitar o reducir el ingreso y forrajeo de las hormigas a los cultivos.	Méndez 2000.

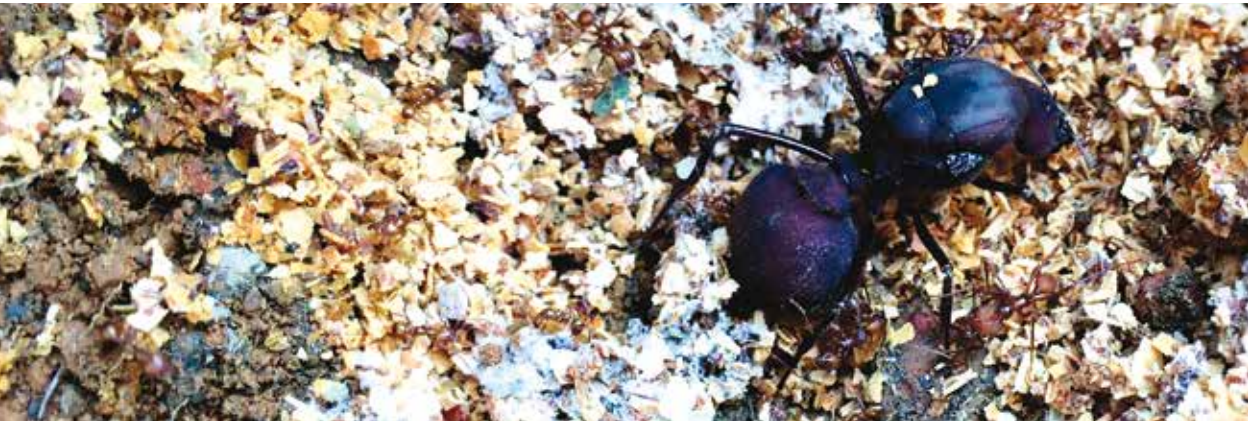
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	USO	AUTOR
Tomate	*Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae).	**Cultivo trampa:** Debido al efecto fagoinhibidor encontrado en algunos extractos de esta planta, se puede utilizar como cultivo trampa, sembrando alrededor o interior de otros cultivos.	Serna & Correa (2003).
Higuerilla, ricino	*Ricinus comunis L.* (Euphorbiaceae)	**Cultivo trampa:** Se siembra la higuerilla alrededor o interior del cultivo, para que sea defoliada en lugar del cultivo de interés. Estas plantas poseen metabolitos secundarios que afectan a las hormigas y a su hongo.	Universidad Tecnológica del Chocó 2013, Bigi *et al*. 2004.
Batata, camote, papa dulce	*Ipomoea batata* L. (Lam) (Convolvulaceae)	**Cultivo trampa:** Se siembra la batata alrededor o interior del cultivo, para que sea defoliada en lugar del cultivo de interés. Estas plantas poseen metabolitos secundarios que afectan al hongo de las colonias.	Universidad Tecnológica del Chocó 2013.
Cedro misionero	*Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae)	**Cultivo trampa:** Gracias al efecto insecticida encontrado en algunos extractos de esta planta, se puede utilizar como cultivo trampa, sembrando alrededor o interior de otros cultivos.	Bueno *et al*. 2005.
Neem	*Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae)	**Cultivo trampa:** El efecto insecticida encontrado en algunos extractos de esta planta, hace posible utilizarla como cultivo trampa, sembrando alrededor o interior de otros cultivos.	Oliveira *et al*. 2006.
Clibadium	*Clibadium asperum* (Aubl.) DC. (Asteraceae)	**Cebo:** Se utiliza las hojas secas del botón de oro para preparar un cebo y así estimular el acarreo del cebo al interior del nido. La elaboración del cebo se explica más adelante.	Universidad Tecnológica del Chocó 2013.
Chirrinchao, barbasquillo, jobillo, candelillo, catalina.	*Phyllanthus acuminatus* (Phyllanthaceae)	**Cebo:** Se utiliza las hojas secas del chirrinchao para preparar un cebo y así estimular el acarreo del cebo al interior del nido.	Universidad Tecnológica del Chocó 2013.

A continuación, se describen los pasos de acuerdo con la información reportada por la Universidad Tecnológica del Chocó (2013) para elaborar cebos con hojas de algunas plantas mencionadas en el cuadro anterior, que afectan a las hormigas o al hongo simbionte o a ambos:

1. Recolectar suficiente material verde de alguna de las especies mencionadas anteriormente, y secar al aire, bajo sombra, durante dos a tres semanas. Remover periódicamente el material para lograr un secado uniforme.
2. Después de este tiempo, extraer los tallos gruesos y los peciolos de las hojas.
3. Pulverizar las hojas. Se puede utilizar un molino casero.
4. Mezclar 5 kilogramos de avena en hojuelas con un kilogramo del polvo vegetal (proporción 5:1) y luego agregar 1 litro de jugo de naranja, el cual actúa como atrayente. Durante la mezcla se recomienda proteger las manos con guantes o bolsas plásticas.
5. Mezclar los ingredientes uniformemente.
6. Aplicar entre 20 y 30 gramos del cebo preparado por metro cuadrado de hormiguero.

La aplicación del cebo debe realizarse a un lado de los caminos y cerca a las bocas activas del hormiguero, y se recomienda hacer la aplicación en horas tempranas de la mañana o al anochecer, donde las arrieras tienen picos altos de actividad. No aplicar cuando hay lluvia y evitar exponer el cebo a los rayos directos del sol.

Si es necesario se puede realizar una nueva aplicación a la quinta o sexta semana con una planta diferente a la que se utilizó inicialmente



El compostaje, por su parte, es otra técnica evaluada por Armbrecht et al. (2012) quienes observaron que el 26,5 % de los nidos cubiertos con "compost" murieron. El compostaje evaluado por los investigadores estaba constituido por materia orgánica e inorgánica. Los materiales se describen a continuación:

- Hojarasca (5 kg).
- Estiércol de aves (15 kg).
- Melaza (1 kg) puede ser reemplazada por azúcar.
- Levadura (1 kg).
- Cal agrícola (5 kg).
- Agua 25 litros.

De acuerdo con los autores, la melaza y la levadura se disuelven previamente en el agua. Previo a la aplicación de los materiales, recomiendan palear mecánicamente el suelo, y luego distribuir los materiales descritos uniformemente sobre el nido. Todo el compostaje se distribuye en 25 m^2 del área externa del nido, donde están concentradas las bocas activas. Posteriormente se cubre inmediatamente el compost y el nido con una lámina de plástico negro durante 30 días.

Esta es una práctica económica y ecológicamente sustentable, que además de controlar la población de hormiga arriera, enriquece el suelo.

En la Reserva Natural Pozo Verde, ubicada en Jamundí (Valle del Cauca), la aplicación de abono compostado en nidos pequeños resultó en la reducción total de los hormigueros, mientras que en nidos grandes la reducción fue del 67% (Chaves 2006). La autora de este estudio recomienda erradicar nidos pequeños (<30m^2) a través de la aplicación de compostaje, y para nidos grandes (>62m^2) sugiere complementar con otros métodos de control.

Control mecánico

Consiste en la excavación del nido para sacar a la reina y parte del hongo, destruyendo físicamente el hormiguero. Es un método muy efectivo, ya que, al eliminar la única reina de la colonia, el hormiguero perece al cabo de unos meses. Por esta razón, es el método más efectivo y recomendado en la actualidad para el control de colonias de hormiga arriera (Chacón de Ulloa *et al*. 2019).

Figura 23. Control mecánico en nido mediano de hormiga arriera.

El control mecánico es fácil de realizar en nidos pequeños (menores a 20m^2), donde la reina está ubicada superficialmente y aún no se han formado numerosas cámaras subterráneas.

Autores como Vélez (1997), Madrigal (2003) y Vergara (2005) consideran que el mejor momento para localizar la reina es tres meses después de los vuelos nupciales. Es en este tiempo, donde las primeras obreras salen al exterior y la única cámara se encuentra entre unos 20 y 30 cm de profundidad, permitiendo encontrar fácilmente la reina, con la ayuda de herramientas como palín, pala o barra.

Este método también es posible hacerlo en nidos grandes y maduros, teniendo en cuenta la actividad, el tamaño y la ubicación del nido. En este caso, es necesario evaluar el costo-beneficio del control, ya que un nido más grande requiere de mayor esfuerzo, trabajo y mano de obra. Sin embargo, es más rentable económica y ambientalmente realizar una inversión de uno o dos días de excavación, que varios años de aplicación de plaguicidas.

Para el control mecánico de nidos grandes se recomienda trabajar con un equipo de personas expertas en identificar la reina y el hongo, además de conocer la estructura interna del nido, para tener mayor probabilidad de éxito en encontrar a la reina. En un estudio reciente se logró realizar la extracción de reinas de nidos de 100 m^2 e incluso más grandes, con personas experimentadas, en zonas verdes de la ciudad de Cali.

Sin embargo, es importante tener en cuenta algunas características como la ubicación del nido, que puede dificultar la remoción. Cuando los hormigueros se encuentran establecidos cerca de raíces de árboles o edificaciones, por ejemplo, no es posible realizar excavación y se debe recurrir a la implementación de otras estrategias de control. En la época previa al vuelo nupcial, también es difícil realizar la captura de la reina, debido a la cantidad de futuras reinas y machos alados que se encuentran al interior del nido en ese momento, los cuales se confunden con la reina madre del hormiguero, a pesar de que esta no tiene alas.

Algunas recomendaciones para tener en cuenta en el momento de excavar un nido de hormiga arriera se mencionan a continuación:

Figura 24. Conglomerado de bocas en un nido de *A. cephalotes*. El control mecánico del hormiguero se podría iniciar con la excavación alrededor del conglomerado central.

1. Emplear buenas herramientas para realizar la excavación, las más importantes son la barra para profundizar, la pala para extraer tierra y una pala pequeña de jardinería que se utiliza para sacar las porciones del hongo simbionte en cada una de las cámaras.
2. Utilizar buena protección personal para reducir las mordidas por parte de las hormigas. Utilizar guantes, botas altas (se les puede aplicar un aceite o vaselina para dificultar la subida de las hormigas) y ropa protectora.
3. Empezar la excavación por donde se encuentra el conglomerado de bocas del hormiguero, o por donde se observa que las hormigas están ingresando las hojas forrajeadas (Figura 24).
4. Seguir internamente los túneles y cámaras. Para no perder los túneles internos durante la excavación se recomienda señalarlos con una rama o palito.
5. Una vez se encuentren las cámaras con hongo simbionte, extraer todo el hongo y revisar cuidadosamente si en él se encuentra la reina (Figura 25). En la mayoría de los estudios de control mecánico realizados por el grupo de investigación de hormiga arriera de la Universidad del Valle, la reina se encuentra dentro del hongo simbionte. La búsqueda de la reina se debe intensificar en el momento que se encuentran las cámaras de hongo con formas inmaduras (larvas y pupas), ya que generalmente ella se encuentra en esta parte del hormiguero. Estas cámaras no reciben material vegetal y son dedicadas exclusivamente al cuidado de las hormigas en sus primeras etapas de vida.

6. Se recomienda colocar el hongo simbionte en una bandeja u otra superficie para facilitar la búsqueda de la reina. La reina generalmente se encuentra rodeada de obreras, quienes la resguardan y protegen (Figura 26).

Figura 25. Secuencia de extracción del hongo simbionte del hormiguero.

Otro método de control mecánico consiste en arar el suelo durante su preparación previa a la siembra de plántulas o semillas, ya que en el proceso de arado se destruyen principalmente los nidos superficiales. Las especies del género *Acromyrmex* son las más perjudicadas en el proceso de arado, debido a la estructura superficial de sus nidos, los cuales pueden ser eliminados durante el proceso de preparación del suelo (Lapointe *et al*. 1993, Armbrecht *et al*. 2012). Este tipo de manejo de los hormigueros puede ser una buena opción en sistemas ganaderos de Caquetá, donde la hormiga arriera *Acromyrmex landolti* ha generado grandes problemas en la productividad de los pastos.

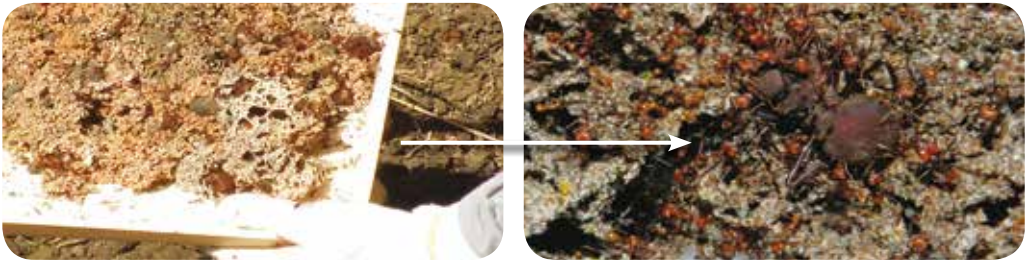


Figura 26. Hongo simbionte a la izquierda y reina encontrada a la derecha.

Control químico

La mayoría de los agricultores utilizan productos de síntesis química para el control de las hormigas cortadoras de hojas. Los productos químicos contra las arrieras presentan acción por contacto e ingestión (Boaretto & Forti 1997), y tienen varias presentaciones y formas de aplicación. Estos productos se pueden encontrar en polvos secos, cebos granulados y soluciones líquidas (Mariconi 1970, Della Lucia 2011).

Los cebos granulados contienen un atrayente para que las hormigas transporten el producto directamente hacia el hongo simbionte al interior del nido. La aplicación de los cebos se realiza de forma manual directamente sobre el suelo, los caminos o las bocas de los hormigueros.

Figura 27. Aplicación de insecticida a un nido de hormiga arriera través de fumigadora.

Para nidos de tamaño pequeño a mediano se utilizan ampliamente insufladoras (productos en polvo) y fumigadoras (productos líquidos) para la aplicación de insecticidas (Montoya-Lerma *et al*. 2012) (Figura 27).

Sin embargo, cuando los hormigueros son muy grandes (mayores a 100 m^2) se emplea una termonebulizadora, la cual genera una niebla, que se forma por la quema de un combustible (gasolina o aceite mineral), en la que se suspende y disemina el insecticida (Chacón de Ulloa *et al.* 2019). La formación de la niebla permite la entrada del producto químico a una mayor cantidad de compartimientos en las colonias de las hormigas (Figura 28).

Figura 28. Aplicación de insecticida a través de una termonebulizadora.

Dentro de los compuestos químicos que más se utilizan en el control de las hormigas arrieras se encuentran los organofosforados, piretroides y sulfuramidas (Della Lucia 2014, Fernández *et al*. 2015). Sin embargo, existen restricciones de uso para la mayoría de estos productos, debido a alta toxicidad que perjudica a las especies no blanco y al medio ambiente.

A pesar de la alta toxicidad de los plaguicidas, el control químico es insatisfactorio porque no siempre llega a eliminar el hormiguero, sino que, en muchos casos, lo inactiva temporalmente. Por otro lado, el método de aplicación del producto químico puede no ser adecuado para las características del nido. La aplicación de los productos por fumigadoras o insufladoras no alcanza a llegar a todas las cámaras internas del nido, afectando de esta forma solo una parte del hormiguero. De esta manera, se reducen las posibilidades de alcanzar la reina por el producto aplicado.

Por todo lo anterior, se recomienda utilizar este método solo cuando sea estrictamente necesario, en combinación con otras estrategias de control y a través del uso de agroquímicos de baja toxicidad, siguiendo siempre las dosificaciones estipuladas en el producto y las normas de seguridad. No se recomienda el uso de plaguicidas de categorías toxicológicas IA, IB y II por su alta peligrosidad. Las categorías menos tóxicas de plaguicidas que se encuentran en el mercado son las categorías III y IV.

CLASIFICACIÓN DE PLAGUICIDAS DE ACUERDO CON SU SEGURIDAD

Categoría	Leyenda	Frase de advertencia	Color de la banda
Ia	Extremadamente peligros	Muy tóxico	
Ib	Altamente peligroso	Tóxico	
II	Moderadamente peligros	Nocivo	
III	Ligéramente peligroso	Cuidado	
IV	No representa riesgo agudo en uso normal	Precaución	

Finalmente, un factor importante para tener en cuenta en el éxito de control de los nidos de hormiga arriera consiste en la constancia y frecuencia de aplicación de las estrategias de manejo seleccionadas. Un control continuo dificulta la recuperación de los hormigueros y disminuye su actividad externa. Debido a que las colonias de hormiga arriera son complejas y tienen diferentes estrategias de defensa, se recomienda un manejo integrado que involucre diversas acciones que se apliquen continuamente, para obtener resultados más satisfactorios.

Conclusiones y recomendaciones

Las hormigas cortadoras de hojas son percibidas como insectos plagas por productores y campesinos del país, debido a la actividad de corte y acarreo de material vegetal fresco que afecta a diferentes cultivos en sistemas agrícolas, forestales y pecuarios.

La poca efectividad de control de las hormigas arrieras se debe en parte a la falta de articulación de la biología y comportamiento de las arrieras con las estrategias de manejo. En este sentido, es importante resaltar que la efectividad de los métodos de control está ligada al efecto que éstos tengan, principalmente, sobre el hongo simbionte y/o la reina.

El método más efectivo para controlar a las hormigas cortadoras de hojas consiste en realizar un control mecánico a los nidos. De esta forma se elimina el problema de raíz, al extraer la única reina del nido, lo que conlleva a la muerte de la colonia. Sin embargo, esta actividad debe ser realizada en nidos pequeños y medianos. Para nidos grandes es necesario de experiencia y mayor esfuerzo físico y logístico.

Existen diferentes alternativas que, dentro de un manejo agroecológico en las fincas, pueden ayudar a reducir las poblaciones de hormiga arriera. Sin embargo, es importante que los métodos empleados se realicen frecuentemente para una mayor probabilidad de éxito.

Fotografías

Andreas Kay: Figura 11 izquierda (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/legalcode)

Cristhian Alessandro Perez: Figura 4 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/legalcode)

Karen Castaño Quintana: Figuras 1B, 2A, 2B, 3 izquierda, 3 derecha, 5, 7 izquierda, 7 derecha, 9 izquierda, 9 derecha, 10, 12 izquierda, 12 derecha, 13 A, 13B, 13C, 17, 19, 21 izquierda, 21 derecha, 22, 23, 24, 25A, 25B, 25C, 25D, 26 izquierda, 26 derecha, 27, 28.

Francisco López Machado: Figuras 1A y 8

Gustavo Zabala: Figura 6

Joao P. Burini: Figura 18 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/legalcode)

Jim Skovrider: Figura 11 derecha (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/legalcode)

Archivo Hormiga Arriera Univalle: Figura 14 izquierda, 14 derecha, 15 y 16.

Literatura citada

Abramowski, D., Currie, C.R., Poulsen, M. 2011. Caste specialization in behavioral defenses against fungus garden parasites in *Acromyrmex octospinosus* leaf-cutting ants. Insectes Sociaux. 58:65-75.

Armbrecht, I., Montoya-Correa, M., Gallego-Ropero, M.C., Montoya-Lerma, J. 2012. Composting to control the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). Revista Facultad de Ciencias Universidad del Valle 16:47-56.

Barrientos, A. 1987. Plagas y enfermedades. En: Ruiz, T. E., Febles, G. (Eds). Leucaena, una opción para la alimentación bovina en el trópico y el sub-trópico. EDICA, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 167-175p.

Bigi, M. F. M. A., Torkomian, V. L. V., De Grote, S. T. C. S., Hebling, M. J. A., Bueno, O. C, Pagnocca, F. C., Fernandes, J. B., Vieira, P. C., Silva., M. F. G. F. 2004. Activiy of Ricinus communis (Euphorbiaceae) and ricinine against the leafcutting ant Atta sexdens rubropilosa (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus Leucoagaricus gongylophorus. Pest Management Science, 60: 933-938.

Boaretto, M. A. C., Forti, L. C. 1997. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. Série Técnica IPEF, 11 : 31–46.

Boulogne, I., Ozier-Lafontaine, H., Loranger-Merciris, G. 2014. Leaf-Cutting Ants, Biology and Control. In: Lichtfouse, E. (Eds.). Sustainable Agriculture Reviews 13. Springer International Publishing, Suecia. 2210-4410p.

Castaño-Quintana, K., Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C. 2013. Toxicity of foliage extracts of *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) on *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) workers. Industrial Crops and Products, 44: 391– 395.

Castaño-Quintana, K., Rodríguez, J. 2015. Viabilidad y efectividad de microorganismos patógenos para colonias de hormigas cortadoras, aplicados a través de termonebulizadora. Informe Cipreses. Grupo de estudio en Hormiga Arriera, Grupo de Ecología de Agroecosistemas y Hábitats Naturales – GEAHNA. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 13p.

Castro, J. F., Martínez, G. 2008. Evaluación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como control biológico de la hormiga arriera *Atta cephalotes* con diferentes técnicas de aplicación en el Centro de Investigaciones Macagual. Momentos de Ciencia, 5 (1-2):41-45.

Chacón de Ulloa, P. 2003. Hormigas urbanas. En: Fernández, F. (ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p.

Chacón de Ulloa, P., Montoya-Lerma, J., Abadía, J. C., Rodríguez, J., Castaño-Quintana, K. 2019. Hormigas urbanas. En: Fernández, F., Guerrero, R. J., Delsinne, T. Hormigas de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 1171-1185p.

Chaves, M. C. 2006. Evaluación preliminar del compostaje “Arrieron” para el control de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (L.) en Jamundí (Valle Colombia). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 7(1): 10-21.

Cherrett, J. M. 1968. The Foraging Behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera, Formicidae). The Journal of Animal Ecology, 37 (2): 387-403.Contexto ganadero, 2016. Hormiga arriera, un nuevo dolor de cabeza para los ganaderos. Publicado 29 de enero de 2016. https://www.contextoganadero.com/regiones/hormiga-arriera-un-nuevo-dolor-de-cabeza-para-los-ganaderos.

Correa, M. M., Silva, P. S. D., Wirth, R., Tabarelli, M., Leal, I. R. 2016. Foraging activity of leaf-cutting ants changes light availability and plant assemblage in Atlantic forest. Ecological Entomology (41): 442–450

Della Lucia, T. M. C. 2003. Hormigas de importancia económica en la región Neotropical. 337-349 p., en Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical (F. Fernández, ed.) Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia. 398 p.

Della Lucia, T. M. C. 2011. Formigas-Cortadeiras da Bioecologia ao Manejo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 420 p.

Della Lucia, T.M.C., Gandra, L.C., Guedes, N.C.R. 2014. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. Pest Management Science. 70: 14–23

Fernández, F. 2003. Introducción a las hormigas de la región neotropical. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398p.

Fernández, F., Castro-Huertas, V., Serna, F. 2015. Hormigas cortadoras de Colombia: *Acromyrmex* & *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). Fauna de Colombia, Monografía No.5, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. 350p.

Fowler, H.G., Saes, N.B. 1986. Dependence of the activity of grazing cattle on foraging grass-cutting ants (*Atta* spp.) in the southern neotropics. Journal of Applied Entomology, 101: 154–158

Giraldo 2005. Valoración de los Bienes y Servicios de la biodiversidad para el desarrollo sostenible de paisajes rurales colombianos: Complejo Ecorregional de los Andes del Norte (CEAN). Informe de Proyecto. 29p.

Giraldo-Echeverri, C. 2005. Efecto del botón de oro *Tithonia diversifolia* sobre la herbivoría de hormiga arriera *Atta cephalotes* en una plantación de arboloco *Montanoa quadrangularis*. Tesis de pregrado. Universidad del Valle, Departamento de Biología, Cali, Colombia. 66p.

Giraldo C. 2007. Manejo integrado de la hormiga arriera *Atta cephalotes* en fincas ganaderas. Revista Carta Fedegan, 99: 58–65.

Giraldo-Echeverri, C. 2009. Microbiota asociada a la casta obrera de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae). Tesis de Maestría. Universidad del Valle, Programa de Biología, Cali, Colombia. 86p.

Giraldo, C., Castaño, K., Reyes, K., Giraldo, N. V., Calle, Z., Montoya-Lerma, J. 2015. Enemigos naturales de la hormiga arriera en sistemas de reconversión productiva. *En:* Memorias del II Taller nacional sobre hormiga arriera y caracol gigante africano: Avances y retos. Cali, Colombia. 21p.

Haines, B. L. 1978. Element and energy flow through colones of the leaf-cutting ant, *Atta columbica*, in Panama. Biotropica, 10: 270-277.

Hebling, M.J.A., Bueno, O.C., Pagnocca, F.C., Silva, O.A. da, Maroti, P.S. 2000. Effects of *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae) on nest development and on respiratory metabolism of leaf-cutting ants *Atta sexdens* L. (Hym., Formicidae). Journal of Applied Entomology, 124: 249–252.

Hölldobler, B., E.O. Wilson. 1990. The Ants. Harvard University Press, Estados Unidos. 746p.

Hölldobler, B., Wilson, E.O. 2011. The leafcutter ants. Civilization by instinct. W.W. Norton & Company, Inc. New York, Estados Unidos. 160p.

Knapp, J., Howse, P., Kermarrec, A.1990. Factors controlling foraging patterns in the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* (Reich). *In*: Vander Meer,R., Jaffe, K. (eds). Applied Myrmecology: A World Perspective. Westview Press, Boulder, Colorado, Estados Unidos. 382-409p.

Lapointe, S.L. 1993. Manejo de dos plagas clave para forrajes de las sabanas neotropicales. Pasturas Tropicales. 15:1–8.

López, E., Orduz, S. 2002. *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma viride* controlan colonias de *Atta cephalotes* en campo mejor que in insecticida químico. Revista Colombiana de Biotecnología 4(1):71-78.

López, E.; Orduz, S. 2003. *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes.* Biological Control 27: 194-200.

Machado, V., Diehl-Fleig, E., Silva, M.E., Lucchese, M.E.P. 1988. Reações observadas em colônias de algumas espécies de *Acromyrmex* (Hymenoptera-Formicidae) quando inoculadas com fungos entomopatogênicos. Ciência e Cultura, São Paulo 40(11): 1106-1108.

Mackay, W., Mackay, E. 1986. Las hormigas de Colombia: arrieras del género *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). Revista Colombiana de Entomología 12: 23-30.

Madrigal, C.A. 2003. Insectos Forestales en Colombia. Ed. Marín Vieco Ltda. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. 847p.

Mariconi, F. A. M. 1970. As saúvas. Agronómica Ceres, São Paulo, Brasil. 167p.

Marinho, C.G.S., Della Lucia T.M.C., Picanco, M.C. 2006. Fatores que dificultam o controle das formigas cortadeiras. Bahia Agrícola 7(2): 18-21

Martínez, J. F.; Servin-Montoya, M. E. 2002. Desechos de hormiga arriera (*Atta mexicana* Smith), un abono orgánico par la producción hortícola. Terra 20 (2):1-8.

Méndez, L. 2000. Controle la hormiga arriera. El tiempo. Fecha de revisión: 20 de junio de 2019. https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1307745

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 (2): 151-158.

Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrecht, I., Farji-Brener, A., Calle, Z., 2012. Leaf-cutting ant revisited: towards rational management and control. International Journal of Pest Management, 58 (3), 225–247.

Moreira, A. A., Forti, L. C., Andrade, A. P. P., Boareto, M. A. C., Lopes, J. F. S. 2004. Nest architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). Studies Neotropical Fauna Environment, 39 (2): 109-116.

Moulaert, A., Mueller, J. P., Villareal, M., Piedra, R., Villalobos, L. 2002. Establishment of two indigenous timber species in dairy pastures in Costa Rica. Agroforestry Systems, 54: 31–40.

Mueller, U. G., Ishak, H. D., Bruschi, S. M., Smith, C. C., Herman, J. J., Solomon, S. E., Mikheyev, A. S., Rabeling, C., Scott, J. J., Cooper, M., Rodrigues, A., Ortiz, A., Brandão, C. R. F., Lattke, J. E., Pagnocca, F. C., Rehner, S. A., Schultz, T. R., Vasconcelos, H., Adams, R. M. M., Bollazzi, M., Clark, R. M., Himler, A. G., LaPolla, J. S., Leal, I. R., Johnson, R. A., Roces, F., Sosa-Calvo, J., Wirth, R., Bacci, M. 2017. Biogeography of mutualistic fungi cultivated by leafcutter ants. Molecular Ecology 6: 6921-6937.

Ortiz-Giraldo, D., Valencia-Giraldo, S. M., Giraldo-Echeverry, C., Montoya-Lerma, J. 2013. Actividad de Serratia marcescens sobre tres hongos de uso comercial para el control biológico de la hormiga arriera, *Atta cephalotes*. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 14(2): 1-69.

Peña-Estrella, S., Rodríguez, J., Valencia-Giraldo, S.M, Montoya-Lerma, J. 2013. Efecto de la limpieza del sustrato vegetal por la casta obrera en colonias de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 14(2) Suplemento:1-69:40.

Pérez, R.P. 2002. Lucha biológica contra la bibijagua (*Atta insularis* Güerin). Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Laboratorio de Manejo de Plagas. La Habana, Cuba.

Quiroz L.J.V., Valenzuela, J., Carrión, G. 1996. Factores de mortalidad natural de reinas de *Atta mexicana* (Fr. Smith) en el Estado de Morelos, México. *In*: Congresso Latinoamericano de Entomologia, 6, Mérida, Yucatán, Memorias. Mérida: Sociedad Mexicana de Entomologia. 56p.

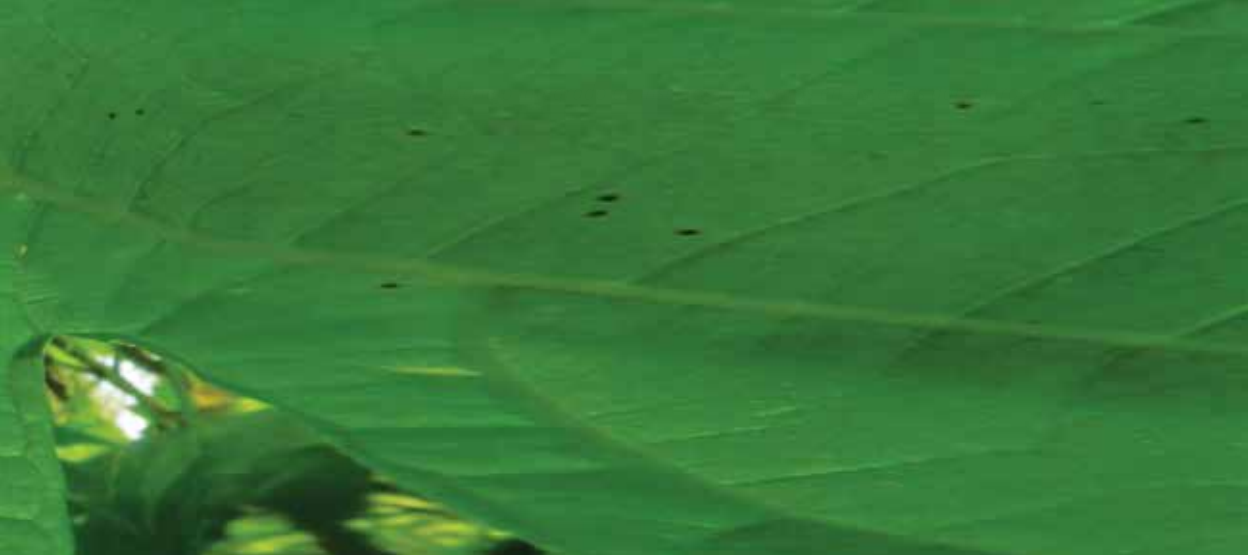
Rengifo-Ruiz, M., Giraldo-Echeverri, C., Montoya-Lerma, J. 2013. Protección de *Serratia marcescens* sobre el hongo simbionte *Leucoagaricus gongylophorus* asociado a *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 14(2) Suplemento:1-69:41.

CAPÍTULO 6

Aspectos ecológicos, enemigos naturales y métodos de control de la hormiga arriera Atta cephalotes (Hymenoptera: Myrmicinae) en la Reserva Natural El Hatico

Karen Castaño-Quintana[1,2]
Carolina Giraldo[1]
Jonathan Rodriguez[2,3]
Nelly Victoria Giraldo[1]
Zoraida Calle[1]
Karen Reyes[2]
Carlos H. Molina[4]
Enrique José Molina[4]
Juan José Molina[4]
Inge Armbrecht[2]
James Montoya-Lerma[2]

[1]Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.
[2]Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali-Colombia.
[3]Laboratório de Entomologia e Fitopatologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF. Campos dos Goytacazes, RJ. Brasil.
[4]Reserva Natural El Hatico, Cerrito, Valle del Cauca, Colombia.
karen@fun.cipav.org.co



Resumen

En varias regiones de Colombia, la expansión de los sistemas productivos a expensas de los ecosistemas naturales ha estado acompañada de un aumento descontrolado de las poblaciones de *Atta cephalotes* y los daños ocasionados por esta hormiga cortadora de hojas. La Reserva Natural El Hatico (RNEH) es una empresa familiar con una larga tradición de manejo agroecológico de sus sistemas ganaderos, agrícolas y forestales, y un amplio reconocimiento como modelo exitoso de intensificación sostenible. Este capítulo resume varios procesos de investigación llevados a cabo entre 2008 y 2015 con el objetivo de caracterizar los aspectos ecológicos básicos e identificar los enemigos naturales de esta hormiga en el bosque, los sistemas silvopastoriles intensivos, la caña de azúcar y la infraestructura de la RNEH. Los resultados evidencian la plasticidad de *A. cephalotes* para formar hormigueros en el bosque y los sistemas productivos, sin preferencias aparentes por un determinado uso de la tierra. Las hormigas ajustan las distancias de forrajeo según la ubicación de los recursos vegetales de su preferencia. Las poblaciones naturales de insectos y aves depredadoras parecen ejercer un control eficaz de las hormigas aladas, con lo cual evitan la proliferación de nuevas colonias. Las hormigas cortadoras no ocasionan daños evidentes o pérdidas económicas significativas en los sistemas silvopastoriles ni en la caña de azúcar debido probablemente a que el agroecosistema ofrece una amplia variedad de recursos vegetales y el forrajeo no se limita al consumo de las plantas cultivadas. Los efectos sobre la infraestructura física de la reserva son diferentes. Allí, las colonias de gran tamaño desestabilizan el terreno y ocasionan daños en la vivienda principal de El Hatico. Para proteger este patrimonio histórico de la región se evaluó una combinación de tratamientos físicos y biológicos.

En síntesis, los resultados sugieren que la biodiversidad asociada regula las colonias de *A. cephalotes*, y evita su proliferación durante la época reproductiva en la RNEH. Por otra parte, el control físico es un método seguro para reducir el número y el tamaño de las colonias de hormigas cortadoras.

Introducción

Los artrópodos que se comportan como plagas son uno de los mayores desafíos que enfrentan los sistemas forestales y agropecuarios en Latinoamérica. En este grupo, se destacan las hormigas cortadoras de hojas o arrieras pertenecientes a los géneros *Acromyrmex* o *Atta* (Formicidae: Attini), por su hábito de cortar y cosechar grandes volúmenes de material vegetal de diversas especies de plantas para la siembra y cultivo de su hongo simbionte *Leucocoprinus* (Basidiomiceto: Lepiotaceae) (Mueller *et al*. 2017).

La actividad de forrajeo de las hormigas arrieras ocasiona daños y pérdidas económicas en cultivos, pastizales y árboles de importancia forestal y de sombrío (Cherret 1968, Weber 1966, Fernández *et al*. 2015). También pueden defoliar en forma total o parcial las plantas ornamentales y de jardín en los ambientes urbanos (Montoya-Lerma *et al*. 2006, Chacón de Ulloa *et al*. 2019). Por otra parte, la formación de nidos subterráneos y la excavación al interior del nido son actividades características de hormigas cortadoras como *Atta cephalotes* que generan inestabilidad en terrenos, canales y edificaciones, ya que sus nidos pueden alcanzar hasta 8 metros de profundidad y 900 m^2 de área externa, como se menciona en el capítulo 5. Un ejemplo de la inestabilidad ocasionada por hormigas arrieras se puede observar en el jarillón del río Cauca, en la ciudad de Cali, donde se invirtieron $649 millones de pesos en el relleno de aproximadamente 272 m^3 de hormigueros para evitar el colapso de la estructura (Chacón de Ulloa *et al*. 2019).

Sin embargo, estas hormigas sólo exhiben un comportamiento de plaga en la medida que el ecosistema se degrada o simplifica. Las altas densidades de población de las hormigas cortadoras de hojas están estrechamente relacionadas con la fragmentación de los bosques, la creación de bordes y las perturbaciones antrópicas (Urbas *et al*. 2007). En este sentido, la desproporcionada expansión de las hormigas arrieras en Colombia es consecuencia de la degradación que han sufrido los hábitats naturales durante las últimas décadas por cuenta de la deforestación, los monocultivos, el uso de agroquímicos

y el cambio climático (Giraldo 2005). Aunque las hormigas arrieras pueden anidar en sitios con presencia de dosel, se ha encontrado que la expansión de la frontera agrícola favorece la proliferación de las hormigas cortadoras de hojas debido al aumento en la disponibilidad de áreas despejadas, donde ellas establecen los hormigueros (Vasconcelos & Cherrett 1995) y al reemplazo de comunidades vegetales diversas con monocultivos de plantas que son fuentes de alimento para las hormigas.

El control químico sigue siendo la opción más utilizada para atacar a las hormigas cortadoras, aunque su eficiencia es cuestionable y, en la mayoría de los casos, los nidos tratados con agroquímicos retornan a sus actividades normales de excavación y forrajeo poco tiempo después de la aplicación del producto. Además, el uso excesivo de insecticidas de síntesis química afecta las poblaciones de los enemigos naturales de las hormigas arrieras como las aves, los armadillos y las moscas parasitoides de la familia Phoridae (Della Lucia 2011), entre otros organismos que regulan las poblaciones de hormiga arriera a través de la depredación o el parasitismo. Sumado a lo anterior, estos compuestos sintéticos contaminan el ambiente y afectan la salud humana y animal. Finalmente, el control químico suele ser costoso, ineficiente y no selectivo (Poinar *et al*. 1990, Castaño-Quintana *et al*. 2013).

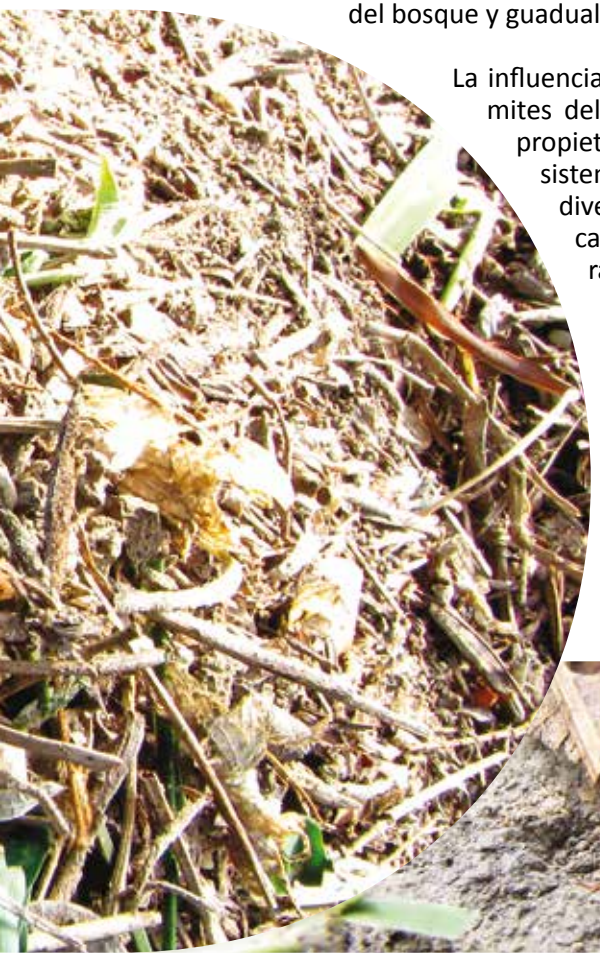
Serna y Correa (2003) documentan la presencia de 11 especies de hormigas cortadoras, distribuidas en todos los bosques y regiones agrícolas de Colombia. En los departamentos de Santander, Antioquia, Cundinamarca, Valle del Cauca y Cauca, donde *A. cephalotes* es la especie dominante (Fernández *et al*. 2015), la transformación del paisaje ha propiciado ataques severos de la hormiga arriera (Ramos & Patiño 2002). En el Valle del Cauca, esta especie se distribuye ampliamente y ocasiona daño económico en las áreas rurales y urbanas (Chacón de Ulloa *et al*. 2019, Fernández *et al*. 2015). En la Reserva Natural El Hatico (RNEH) algunos nidos de hormiga arriera se encuentran ubicados cerca a la casa principal, colocando en peligro esta construcción histórica de más de 200 años de antigüedad, debido a la formación de grietas y túneles al interior de la casa, amenazando la estabilidad de la infraestructura.

La transición hacia métodos de control ambientalmente benignos es una necesidad actual para la seguridad alimentaria y la conservación del medio ambiente. Por esta razón, en el presente estudio se evaluaron los nidos de la hormiga arriera *A. cephalotes* en la Reserva Natural El Hatico, su comportamiento en áreas naturales y productivas, el tipo de daño que ocasionan, y técnicas de control (biológico y mecánico), con el propósito de proponer un plan de manejo acorde con los principios agroecológicos.

Materiales y métodos

Zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en los años 2008, 2009 y 2015 en La Reserva Natural El Hatico (RNEH), situada en el municipio de El Cerrito (Valle del Cauca, Colombia) a 3°27’ de latitud norte y 76°32’ de longitud oeste. La RNEH es una empresa agropecuaria que ha sido manejada por 9 generaciones de la misma familia. El predio, situado a 1000 m de altitud en el fértil valle geográfico del río Cauca, tiene una temperatura promedio de 24°C y 750 mm de lluvia al año. Las 285 hectáreas de El Hatico combinan sistemas silvopastoriles (135 ha), caña de azúcar orgánica (110 ha), un remanente del bosque y guaduales (40 ha).



La influencia de El Hatico se extiende más allá de los límites del departamento. En la década de 1970, sus propietarios fueron pioneros en la adopción de sistemas silvopastoriles que incorporan una alta diversidad de árboles nativos y arbustos de leucaena para el ramoneo directo del ganado. Durante la segunda mitad del siglo XX, cuando la región se transformaba para abrir espacio a los grandes monocultivos de caña de azúcar, El Hatico trabajaba para integrar árboles en sus sistemas productivos y se esforzaba por proteger y recuperar sus guaduales y bosques. Desde entonces, se ha consolidado como reserva de la sociedad civil y como referente nacional e internacional de producción agrícola y pecuaria sostenible, integrada a la conservación de la biodiversidad.

Monitoreo de los hormigueros de A. cephalotes

Los hormigueros fueron monitoreados en cuatro usos de la tierra: (i) bosque, (ii) caña de azúcar orgánica, (iii) sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) y (iv) zonas aledañas a las edificaciones. En cada uso del suelo se seleccionaron aleatoriamente tres nidos. Los datos se registraron entre las 07:00 y 12:00 horas, entre enero y diciembre de 2008 y 2009, y entre junio y julio de 2015. Se evaluaron las siguientes variables con el fin de caracterizar el estado y la actividad de cada hormiguero:

1. Distancia y actividad de forrajeo: A una distancia de 20 cm de la boca en cuya pista se observó la mayor actividad, se contó el número de hormigas que transportaban material vegetal al interior del nido, por espacio de un minuto. Se registró la distancia de la boca a la planta forrajeada.

2. Número total de bocas: Se contaron todas las bocas del nido y se clasificaron como de forrajeo, aireación, excavación o mixtas. Las bocas de *forrajeo* son aquellas donde las hormigas entran con material vegetal; las de *excavación*, aquellas por donde las hormigas sacan tierra y las de *aireación* son los orificios donde no se observa actividad. Finalmente, las bocas *mixtas* son aquellas donde se observan actividades de excavación y forrajeo al mismo tiempo. Esta información se tuvo en cuenta a la hora de analizar la actividad de los nidos.

3. Área externa total del nido: Se registró la distancia máxima entre las bocas externas a lo largo y ancho. El área del hormiguero se estimó a través del producto de ambas medidas (Figura 1).

La transición hacia métodos de control ambientalmente benignos es una necesidad actual para la seguridad alimentaria y la conservación del medio ambiente. Por esta razón, en el presente estudio se evaluaron los nidos de la hormiga arriera *A. cephalotes* en la Reserva Natural El Hatico, su comportamiento en áreas naturales y productivas, el tipo de daño que ocasionan, y técnicas de control (biológico y mecánico), con el propósito de proponer un plan de manejo acorde con los principios agroecológicos.

También se identificaron las especies vegetales forrajeadas por las hormigas, con el apoyo de taxónomos expertos de CIPAV, en cada uso de la tierra. Se observó el comportamiento de las hormigas (uso de las pistas, material colectado, estrategias de acompañamiento entre diferentes castas, entre otros). Además, se observó y registró la interacción con los enemigos naturales, principalmente depredadores durante la época reproductiva, correspondiente a los meses de abril y octubre de 2008 y 2009. La interacción con los depredadores se realizó a partir del seguimiento detallado de las colonias durante la época reproductiva y la observación continua en campo la madrugada en que ocurrieron los vuelos nupciales y los días posteriores a la salida de los alados. Las reinas recién copuladas se siguieron y los nuevos nidos fueron marcados

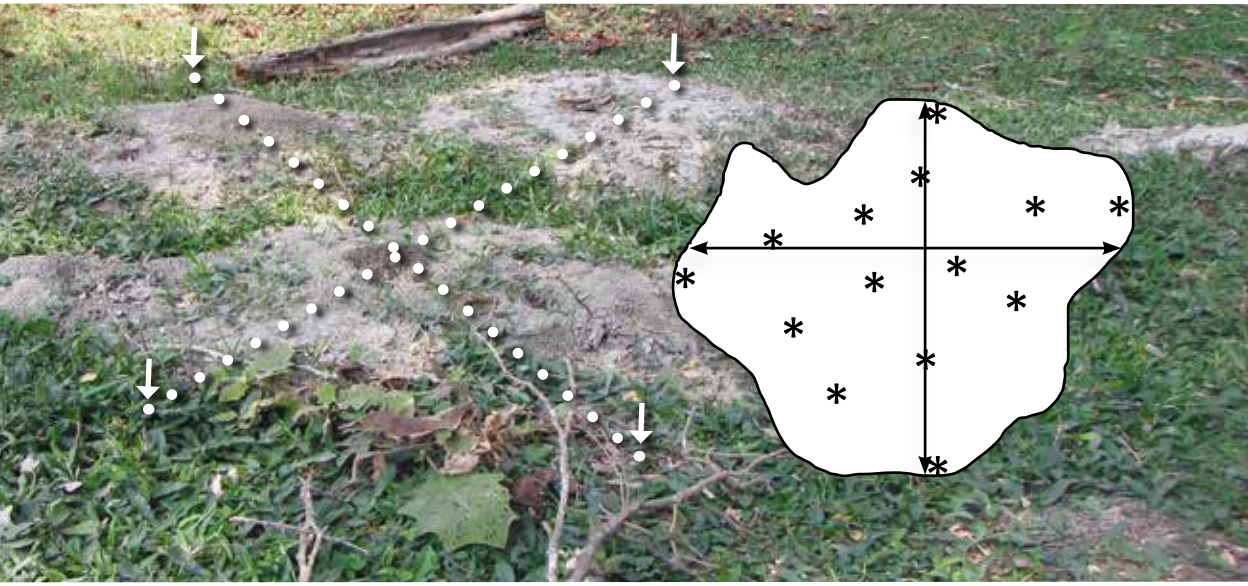


Figura 1. Método de estimación del área externa total del nido.

para hacer un seguimiento del desarrollo de la colonia. Una observación constante y directa de los puntos marcados permitió identificar las especies de aves que se acercaban a los orificios de entrada de los nidos y esperaban la salida de la hormiga reina para depredarla. También se realizó seguimiento en los postes que tenían algún tipo de iluminación, en donde se concentraron los alados durante el vuelo nupcial. A estos sitios, llegaron una gran cantidad de aves depredadoras de reinas, las cuales fueron observadas con paciencia y dedicación. Los demás enemigos naturales se encontraron a partir de observación directa y constante de las reinas recién copuladas.

Control de hormigueros de A. cephalotes

Los nidos que tuvieron efectos negativos (defoliación y actividad) sobre los usos de la tierra evaluados fueron tratados con una combinación de métodos mecánicos y biológicos. En este caso, sólo se encontró efectos negativos en hormigueros que, debido a su cercanía, amenazaban la infraestructura principal de la RNEH. Al mismo tiempo se promovió la protección de los enemigos naturales identificados y la conservación de su hábitat.

Cada dos semanas, durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2015, se llevaron a cabo jornadas de excavación y aplicación de microorganismos. El control mecánico empleado consistió en excavar los nidos ubicados en la zona aledaña a las edificaciones con herramientas como barras, palas grandes y palas de jardinería, para abrir las colonias, extraer la mayor cantidad posible del hongo y eliminar a la reina. Esta es una de las estrategias descritas en el programa MIP para el control de hormigas cortadoras (Della Lucia 2011, Fernández *et al*. 2015) (Figura 2).

De las ocho colonias encontradas alrededor de las áreas construidas en El Hatico, se seleccionaron las seis colonias más cercanas a la infraestructura principal para hacer el control de las hormigas. El control mecánico se hizo en los seis nidos y el control biológico fue necesario en solo dos de ellos. El control biológico consistió en aplicar un producto comercial a base de bacterias patógenas *Bacillus subtilis* (Bacillales: Bacillaceae) usando una termonebulizadora para facilitar la dispersión del producto en el interior del hormiguero. Este control, que aprovecha la capacidad termo-resistente de la bacteria, se reservó para los nidos donde no fue posible hacer la excavación o extraer la reina. La aplicación se realizó siguiendo las recomendaciones de uso y dosis de la etiqueta del producto.

Las siguientes categorías se usaron para evaluar la efectividad de los tratamientos: *control efectivo*, aquel que eliminó la actividad del nido; *control poco efectivo*, aquel que redujo la actividad y/o el área y *control no efectivo*, donde no se registraron diferencias en la actividad del nido antes y después del tratamiento.

Figura 2. Excavación de un hormiguero de *A. cephalotes*. Cámaras con hongo donde se busca la reina.

Gran parte de este estudio se basó en la observación del comportamiento, las interacciones ecológicas, las preferencias nutricionales, la reproducción y el establecimiento de nuevas colonias de las hormigas arrieras en el campo. Ante la urgencia de controlar los nidos cercanos a la infraestructura principal, este componente del estudio no se basó en un diseño estadístico formal.

Resultados y discusión

Monitoreo de los hormigueros de A. cephalotes

Los nidos más grandes de hormiga arriera se encontraron en los bosques y en el terreno cercano a la casa principal, y los de menor tamaño en los SSPi y la caña de azúcar (Figura 3).

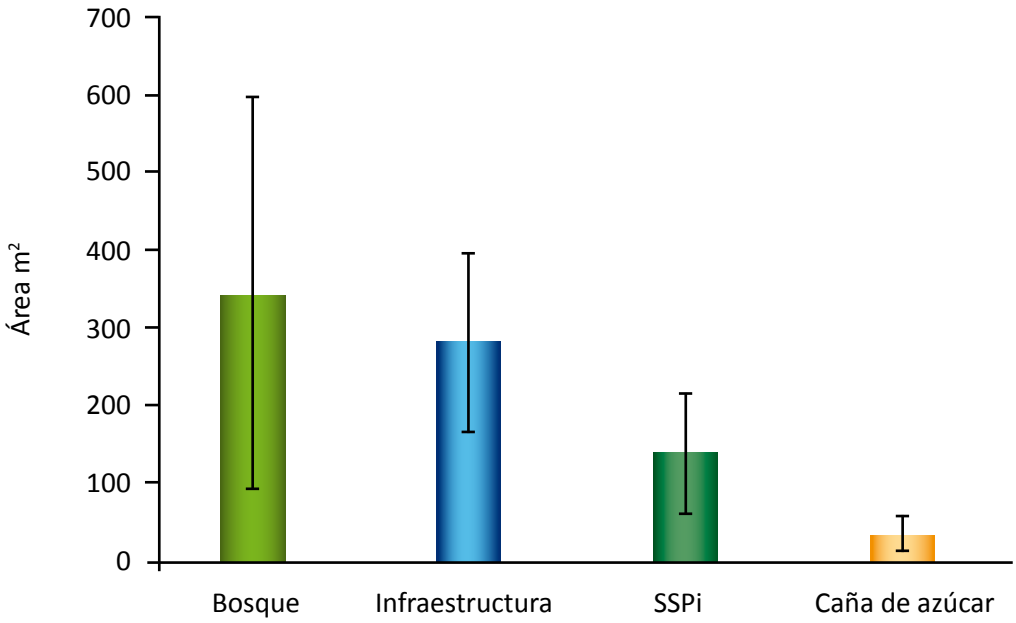


Figura 3. Área promedio de las colonias de hormiga arriera en los diferentes usos de la tierra en El Hatico durante los años 2008, 2009 y 2015. N=15. Las barras representan la desviación estándar.

Las pistas de forrajeo de mayor longitud se encontraron en los sistemas silvopastoriles intensivos, donde las hormigas se desplazaron hasta 90 metros para forrajear (Figura 4). En contraste, las pistas de menor longitud promedio se hallaron en la infraestructura, aunque en el bosque se registraron también pistas muy cortas. En ambas áreas se presenta una diversidad alta de plantas y una gran concentración de recursos foliares.

En la caña de azúcar, la longitud de las pistas de forrajeo varió según la ubicación de las colonias. Por lo general, las hormigas salen del cultivo para cortar hojas de los árboles cercanos. En ningún caso se observó el forrajeo directo de las plantas de caña, quizás porque esta hormiga suele consumir hojas de menor dureza (Nichols-Orians & Schultz 1990). En Brasil, otras especies de hormigas cortadoras pueden ocasionar problemas económicos en las plantaciones de caña de azúcar (Montoya-Lerma *et al*. 2012). Aunque no hay estudios formales sobre el tema, en Colombia los daños ocasionados por *A. cephalotes* en este cultivo se relacionan con la infiltración rápida del agua de riego, que los productores consideran como una pérdida de agua y de la mano de obra y el combustible necesarios para movilizarla.

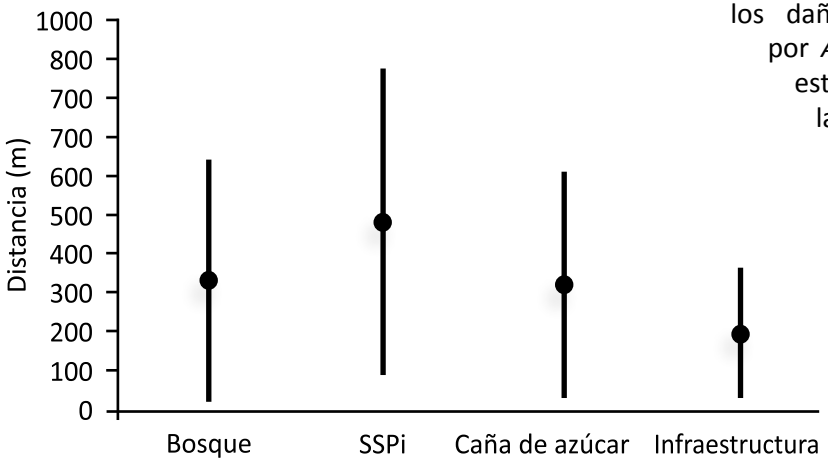


Figura 4. Longitud promedio (punto), máxima y mínima (puntos extremos de las líneas) de las pistas de forrajeo de las colonias de hormiga arriera en El Hatico durante los años 2008, 2009 y 2015. N=15.

Por otra parte, los nidos cercanos a la casa presentaron pistas cortas, al igual que los nidos del bosque. Una explicación posible en este caso es la cercanía a la casa de plantas de maní forrajero y árboles de mango y limón, tres especies vegetales muy apetecidas por las hormigas arrieras.

Especies vegetales forrajeadas por las hormigas arrieras

La actividad de forrajeo de las arrieras no se concentró en una especie vegetal particular (Tabla 1). Durante los monitoreos se observó que las hormigas cortaron hojas de una amplia variedad de plantas. En ningún caso, las hormigas defoliaron totalmente o causaron la muerte de alguna planta. Según Costa *et al*. (2019), incluso las colonias de *Atta laevigata* que se encuentran inmersas en vegetación de alta diversidad concentran su actividad de forrajeo en determinadas especies y sus preferencias fluctúan a lo largo del año.

Tabla 1. Especies vegetales forrajeadas por hormiga arriera *A. cephalotes* en la Reserva Natural El Hatico.

ESPECIE VEGETAL		SSPI	CAÑA DE AZÚCAR	INFRAESTRUCTURA
Limón (*Citrus limon*)		X		X
Mango (Mangifera indica)		X		X
Guácimo (*Guazuma ulmifolia*)		X		X
Maní forrajero (*Arachis pintoi*)				X
Palo cruz (*Brownea* sp.)				X
Papayo (*Carica papaya*)				X
Higuerón (*Ficus* sp.)	X	X		
Matarratón (*Gliricidia sepium*)		X	X	
Ébano ornamental (*Geoffroea* sp.)			X	
Leucaena (*Leucaena leucocephala*)		X		
Algarrobo (*Prosopis juliflora*)		X		
Samán (*Samanea saman*)		X		
Hojarasca	X	X	X	X
Hierbas		X		X

Los árboles con mayor frecuencia de ataque por las arrieras en El Hatico durante el período de estudio fueron el limón *Citrus limon* (Sapindales: Rutaceae), el mango *Mangifera indica* (Sapindales: Anacardiaceae), el guácimo *Guazuma ulmifolia* (Malvales: Malvaceae), el matarratón *Gliricidia sepium* (Fabales: Fabaceae) y los higuerones *Ficus* spp. (Rosales: Moraceae).

Algunos autores atribuyen el uso selectivo de las plantas a la calidad del alimento. Por ejemplo, un estudio experimental sobre la hormiga cortadora de hojas *Acromyrmex lundi* mostró que las hormigas forrajeaban con mayor rapidez y reclutaban un mayor número de obreras para la actividad de forrajeo cuando se les ofrecían discos con una alta concentración de azúcar, que cuando los discos tenían menos azúcar (Roces 1993). Otras características que influyen en la selección de las plantas son la dureza de las hojas y la presencia de tricomas (Cherret 1972, Howard 1988), así como de metabolitos secundarios tóxicos para las hormigas o para el hongo, o de aquellos que reducen la digestibilidad del material vegetal, como es el caso de los taninos (Howard 1988, Bueno *et al*. 2004).

Llama la atención que, a pesar de la alta densidad de arbustos de leucaena (*Leucaena leucocephala*) en los sistemas silvopastoriles intensivos, esta planta fue forrajeada en pocas ocasiones y las hormigas se desplazaron grandes distancias en busca de hojas de árboles de porte alto como el mango y el guácimo. Esta observación coincide con los resultados de Oliveira *et al*. (2002), quienes encontraron que *L. leucocephala* fue la especie menos forrajeada por *Atta bisphaerica* entre varias plantas ofrecidas. Según Olsson *et al*. (2008), las hormigas recorren grandes distancias para forrajear, cuando las plantas cortadas garantizan el desarrollo del hongo simbionte con una ganancia energética. Probablemente, las plantas forrajeadas en los potreros proporcionan un recurso de mejor calidad para el desarrollo del hongo simbionte que los arbustos de leucaena. Además, la presencia de nectarios extraflorales en las plantas de leucaena atraen insectos, entre ellos, hormigas agresivas como *Ectatomma ruidum* (Formicidae: Ponerinae) y *Pseudomyrmex* spp (Formicidae: Pseudomyrmecinae) (Rivera *et al*. 2008) que podrían ayudar a proteger la planta de herbívoros como las arrieras.

Fue difícil determinar cuáles plantas estaban siendo forrajeadas por las colonias del bosque, que además de su gran tamaño, suelen tener las pistas de forrajeo ocultas bajo la hojarasca. La actividad de corte y acarreo de hojarasca se observó en todos los usos de la tierra estudiados. Una explicación posible de este comportamiento es la necesidad de mantener la humedad al interior del nido y favorecer el crecimiento del hongo simbionte (Roces & Kleineidam 2000). Aunque las hormigas no usan la hojarasca para cultivar el hongo, probablemente reducen la pérdida de agua cuando protegen las bocas del nido con hojas secas. Bollazzi & Roces (2010) observaron que obreras de *Acromyrmex heyeri* cubrían algunas bocas del nido con material vegetal seco cuando la humedad relativa externa era del 50%.

En conjunto, los resultados de este estudio sugieren que las hormigas arrieras no generan pérdidas económicas significativas en las áreas productivas de El Hatico, ya que la reducción de la biomasa de las plantas forrajeadas no genera pérdidas en términos monetarios, además las hormigas no defolian totalmente los árboles ni comprometen su salud y desarrollo. Además, las especies vegetales atacadas fueron diversas y no representan un renglón económico importante en la finca.

Enemigos naturales de las hormigas arrieras

El servicio ambiental de control de insectos plaga está presente en todos los usos de la tierra evaluados. Varios enemigos naturales (depredadores y parasitoides) se establecen o frecuentan las áreas productivas, donde regulan las poblaciones de la hormiga.

Las hormigas de distintos géneros (Tabla 2) y las avispas del género *Polistes* (Hymenoptera: Vespidae) fueron los principales depredadores de obreras de la hormiga arriera observados en El Hatico. Otro factor notable en el control de las reinas potenciales y los machos fueron las telarañas, que atrapan abundantes individuos alados durante el vuelo nupcial.

Tabla 2. Organismos depredadores de las obreras de hormiga arriera *A. cephalotes* en la Reserva Natural El Hatico.

Hormigas *Ectatomma ruidum* (Formicidae: Ponerinae)

Hormigas cazadoras omnívoras que depredan las obreras de la hormiga arriera cuando éstas se desplazan por las pistas, tanto en el suelo como en los troncos de los árboles.

Figura 5. Hormiga cazadora *E. ruidum*

Hormigas *Crematogaster* sp. (Formicidae: Myrmicinae)

Hormigas que habitan en la corteza de los árboles y depredan las obreras de las arrieras cuando éstas suben por los troncos a forrajear hojas y flores.

Figura 6. Hormigas de *Crematogaster* sp.

Hormigas *Nylanderia fulva*
(Formicidae: Formicinae)

Conocida comúnmente como "hormiga loca", es una depredadora efectiva, aunque no es nativa de Colombia. Cuando una obrera de hormiga loca entra en contacto con una obrera de hormiga arriera que se desplaza sobre una pista, suele ocurrir que algunos minutos después, la arriera empieza a caminar en forma errática, pierde estabilidad y sus movimientos se vuelven lentos. En ese momento, varias obreras de hormiga loca la levantan para llevarla hacia el nido.

Al exterior de las colonias de hormiga loca se observaron los basureros donde depositan los restos de las hormigas arrieras. Al parecer, se alimentan preferiblemente del abdomen y desechan la cabeza, las patas y el tórax.

Figura 7. Hormigas de *N. fulva* atacando una obrera de *A. cephalotes*

Hormigas *Azteca* sp.
(Formicidae: Dolichoderinae)

Estas hormigas arbóreas, de comportamiento agresivo y voraz, depredan en grupo. Las observaciones hechas durante este estudio sugieren que las hormigas arrieras evitan forrajear en los árboles donde se encuentran las aztecas. Los nidos de hormigas de este género parecen proteger a los árboles de la herbivoría de las arrieras.

Cuando se ponen obreras de arriera sobre los árboles en forma controlada, las aztecas las atacan en pocos minutos y las llevan hacia el nido, donde las consumen.

Figura 8. Hormigas de *Azteca* atacando una obrera de *A. cephalotes.*
Figura 9. Nido de hormiga *Azteca* establecido en un árbol dentro del SSPi.

Hormigas *Dolichoderus* sp.
(Formicidae: Dolichoderinae)

Hormigas arbóreas depredadoras. Tienen hábitos nocturnos y suelen vigilar el árbol donde habitan con el objetivo aparente de evitar que las hormigas arrieras suban a forrajear. Al contacto con una obrera de arriera, las Dolichoderus reaccionan en forma masiva para neutralizar a la obrera intrusa.

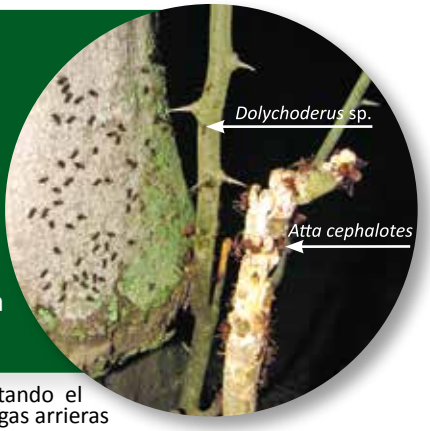


Figura 10. Hormigas de *Dolichoderus* evitando el paso de las hormigas hormigas arrieras

Avispas *Polistes erythrocephalus*
(Hymenoptera: Vespidae)

Estas avispas depredadoras son reconocidas por su eficacia en el control de insectos plaga. Durante el vuelo nupcial, atrapan individuos alados (machos y hembras) de las hormigas arrieras y los transportan a sus nidos en los árboles de los sistemas silvopastoriles o en algunas edificaciones.

Figura 11. Nido de avispas *Polistes* en el sistema productivo.
Figura 12. Avispas de *Polistes* anidando en la infraestructura.

Arañas
(Arachnida: Araneae)

Las telarañas adheridas a los techos de algunas edificaciones y a los postes o luminarias, atrapan machos y hembras aladas, evitando así la formación de nuevas colonias.

Además de la depredación de las arañas, se observó a algunas avispas y aves consumiendo alados de *A. cephalotes* en las telarañas donde varios individuos habían quedado atrapados.

Figura 13. Formación de telaraña en infraestructura que atrapa a los alados de las hormigas arrieras.
Figura 14. Alados de hormiga arriera atrapados en telarañas.

Las aves de varias especies también depredan hormigas arrieras en los ecosistemas naturales y sistemas productivos de El Hatico, especialmente durante los vuelos nupciales (Tabla 3).

Tabla 3. Especies de aves depredadoras de los alados de hormiga arriera *A. cephalotes* en la Reserva Natural El Hatico.

Coclí *Theristicus caudatus* (Pelecaniformes: Threskiornitidae)

El coclí es un ave de pico largo y curvo, que consume insectos en la superficie y el interior del suelo. Los coclíes que frecuentan El Hatico, anidan en las palmas zanconas *Syagrus sancona*.

De acuerdo con Fierro (2010), los coclíes se alimentan de artrópodos, principalmente insectos, y forrajean en sitios de vegetación baja, sistemas silvopastoriles y cañaduzales.

En los SSPi es común observar al coclí depredando las reinas de arriera durante el vuelo nupcial y desenterrándolas del nido que han empezado a construir. Este comportamiento de forrajeo del coclí evita la formación de nuevas colonias en las áreas productivas.

Figura 15. Aves de cocli anidando en palma zancona dentro de la RNEH.
Figura 16. Cocli forrajeando en un SSPi.

Pellar o alcaraván *Vanellus chilensis* (Charadriiformes: Charadriidae)

Esta ave depredadora consume una amplia variedad de organismos en el suelo. Durante el vuelo nupcial de las arrieras, los pellares depredan activamente a las reinas y las extraen del hormiguero cuando apenas comienzan a construirlo.

Este comportamiento del pellar, que es fundamental para el control de las nuevas colonias, se observó en los sistemas silvopastoriles y en las áreas cercanas a las edificaciones.

Durante el estudio se marcaron algunos nidos formados después del vuelo nupcial. Todos ellos fueron depredados por pellares, especialmente en las áreas cercanas a la infraestructura.

Figura 17.

Figura 18.

Figura 19.

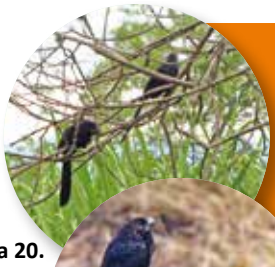


Figura 20.

Figura 21.

Figura 22.

Garrapatero común *Crotophaga ani* (Cuculiformes: Cuculidae)

El garrapatero es un ave depredadora común en los SSPi. Durante el vuelo nupcial de las hormigas, se posa con frecuencia sobre las leucaenas de porte arbustivo, donde consume activamente a las reinas que buscan sitios adecuados para empezar la construcción de su hormiguero. El garrapatero come el abdomen de la reina cuando ésta está sobre el suelo, pero no tiene la capacidad de desenterrarla.

Pigua o garrapatero, *Milvago chimachima* (Falconiformes: Falconidae)

Esta ave es frecuente en los árboles de los SSPi. En varias ocasiones se observó sobre la superficie del suelo, alimentándose de las hormigas después del vuelo nupcial o apareamiento. El garrapatero se ubica estratégicamente en los postes del alumbrado, donde se acumulan los alados que llegan atraídos por las fuentes de luz.

Se observó a esta ave consumir únicamente el abdomen de los alados. Su acción de depredación ayuda a reducir el número de reinas fecundas que tienen la capacidad de crear nuevas colonias.

Figura 23.

Figura 24.

Figura 25.

Figura 26.

Figura 27.

Garcita del ganado *Bubulcus ibis* (Pelecaniformes: Ardeidae)

Esta ave, que no es nativa de Colombia, se encuentra comúnmente en los sistemas productivos, donde busca insectos sobre el suelo. En los SSPi de El Hatico, se observó depredando a las hormigas arrieras durante el vuelo nupcial.

Figura 28.

Figura 29.

Figura 30.

Los sistemas productivos que integran varias especies ofrecen hábitats variados y permiten el establecimiento de organismos benéficos. Varios estudios sugieren que las comunidades de aves responden a la modificación del hábitat en la medida en que éste suple sus requerimientos ecológicos. De este modo, los sistemas productivos que mantienen una estructura vegetal compleja pueden ofrecer recursos complementarios para algunas aves propias de los bosques (Munro *et al.* 2011).

Sumado a lo anterior, el manejo agroecológico de los sistemas productivos de El Hatico genera beneficios para la biodiversidad en comparación con sistemas no sostenibles. La conservación del ecosistema, la diversidad de especies cultivadas, la eliminación de los plaguicidas y otras prácticas amigables, estimulan servicios ecosistémicos como el control biológico natural de los organismos plaga, que en este estudio se evidenció a través de la depredación de obreras y alados de *A. cephalotes.* Resultados similares fueron descritos por Varon *et al*. (2011), quienes observaron una menor densidad de hormigueros de *A. cephalotes* en sistemas diversificados de café comparados con los monocultivos convencionales. Giraldo (2005) también observó menos problemas de herbivoría en los sistemas productivos ganaderos con mayor diversidad de plantas; su estudio sugiere una relación directa entre el uso de la tierra y el impacto de las colonias de hormiga arriera.

Figura 31. Grieta formada por la hormiga arriera en la casa de El Hatico.

Control mecánico y biológico de nidos de hormiga arriera

Aunque la herbivoría de *A. cephalotes* no parece comprometer la sustentabilidad de la producción ganadera y agrícola en la RNEH, las colonias aledañas a las edificaciones sí son un problema porque socavan el terreno, forman grietas y amenazan la estabilidad de la infraestructura. Situaciones similares se presentan en ciudades como Cali, donde los nidos de *A. cephalotes* que se extienden debajo de las calles, los andenes y las edificaciones, afectan la infraestructura (Chacón de Ulloa *et al*. 2019). En estos casos es necesario controlar la expansión de los hormigueros. Es importante aclarar que la casa de El Hatico es una construcción histórica con más de 200 años de antigüedad, que conserva buena parte de los elementos estructurales propios de la época. Garantizar su estabilidad es fundamental para la conservación del patrimonio arquitectónico regional (Figuras 31 y 32).

Figura 32. Casa principal de la Reserva Natural El Hatico.

Se encontraron las reinas en cuatro de los seis nidos excavados (Figura 33). El área total excavada fue de 1.485 m^2 (tabla 4). En una de las colonias fue imposible continuar la excavación porque el nido se prolongaba debajo de la casa, por lo cual se continuó el manejo con productos biológicos.

Tabla 4. Área de los nidos tratados.

NIDO TRATADO	ÁREA (M^2)
1	287,24
2	210,6
3	481,4
4	163,28
5	343
6	216,46

Figura 33. Excavación del hormiguero y captura de la reina, que se observa rodeada por obreras.

A pesar de ser un método laborioso, el control mecánico es eficaz para disminuir la actividad de los nidos de hormiga arriera, incluso en colonias de gran tamaño, como los del presente estudio. La extracción de la reina significa la muerte gradual del nido, en corto tiempo. Incluso en algunos casos en que no se logró extraer la reina, Montoya-Correa *et al*. (2007) observaron una reducción del 26,7% en el área y 70% en la actividad luego de excavar los hormigueros de *A. cephalotes.*

Cuatro de los seis nidos excavados en el presente estudio fueron controlados por completo, lo que representa una efectividad del 66% en esta evaluación. Los nidos que no fueron controlados por el método de excavación se trataron seguidamente con la aplicación de la bacteria *B. subitillis.* En este caso, el control fue exitoso en uno de ellos (Figura 34).

La aplicación de microorganismos patógenos es el método más común de control biológico de plagas. Los hongos o bacterias con actividad entomopatógena (parasitan las hormigas) o antagónica (parasitan al hongo simbionte), son efectivos para controlar los nidos de arrieras (Chacón de Ulloa *et al*. 2019). Por ejemplo, en plantaciones de *Eucalyptus grandis* (Myrtales: Myrtaceae), se han obtenido resultados promisorios en el control de las hormigas cortadoras del género *Acromyrmex* con cebos del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) (Diehl-Fleig *et al*. 1992).

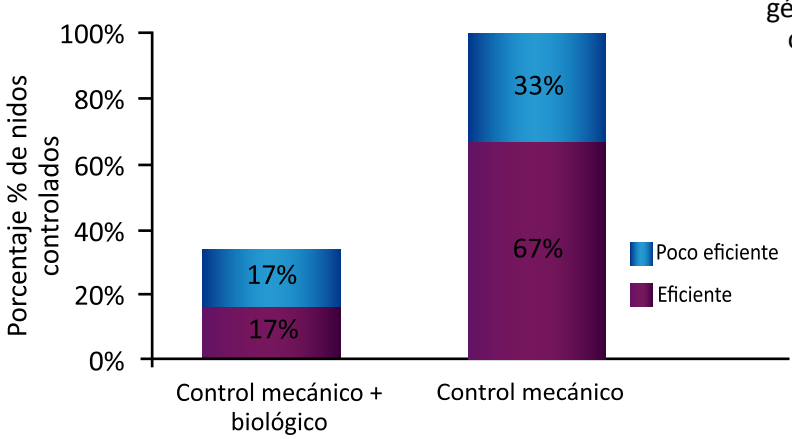


Figura 34. Porcentaje de efectividad de los controles empleados en el manejo de los hormigueros de *A. cephalotes* en infraestructura de El Hatico.

En el presente estudio no fue posible establecer la eficiencia de *B. subtillis* en el control de los nidos de hormiga arriera debido al número reducido de hormigueros evaluados y a la falta de independencia entre los tratamientos aplicados. Aunque se registró la muerte de un nido tratado con la bacteria, no es posible descartar un efecto sinérgico de los dos tratamientos usados (mecánico + biológico).

Estos resultados sugieren que la excavación es una buena opción para controlar las poblaciones de hormigas cortadoras de hojas cuando las condiciones ambientales y el suelo lo permiten. No genera efectos ambientales negativos y tiene una efectividad alta, incluso en nidos de gran tamaño. La extracción de la reina garantiza que el nido ha sido controlado, a diferencia del control químico, donde el efecto de desplazamiento interno de la colonia suele desaparecer en pocas semanas. La principal desventaja del método mecánico es que requiere mano de obra (desde media hasta varias jornadas de trabajo por nido grande), pero no siempre resulta más costoso que el control químico. De hecho, cuando se suman los costos de los insumos, las aplicaciones repetidas y los equipos que se requieren para aplicar el producto químico, el control mecánico puede resultar más práctico y menos costoso.

Conclusiones y recomendaciones

Dado que el forrajeo de las hormigas se distribuye en una amplia variedad de recursos vegetales, la herbivoría de las hormigas cortadoras de hojas no ocasiona daños de importancia económica en El Hatico, como ocurre con frecuencia en los sistemas agrícolas y ganaderos simplificados.

En los sistemas silvopastoriles, las hormigas arrieras prefirieron desplazarse grandes distancias y forrajear árboles de porte alto como el mango y guácimo, en lugar de forrajear los arbustos de leucaena.

Los árboles con mayor frecuencia de ataque por las arrieras en la RNEH fueron el limón, el mango, el guácimo, el matarratón y los higuerones (*Ficus* spp).

El control biológico de insectos plaga está presente en todos los usos de la tierra evaluados. La biodiversidad de El Hatico incluye numerosos depredadores de las hormigas, que se alimentan de las reinas y machos alados, limitando de esta forma la fundación de nuevas colonias.

El principal daño causado por las hormigas arrieras en El Hatico es la desestabilización del terreno, que afecta las edificaciones. Para estos casos, se recomienda el uso combinado de controles mecánicos y biológicos de los nidos.

Agradecimientos

A la familia Molina-Durán por permitirnos realizar esta investigación en la Reserva Natural El Hatico, a Mauricio Rengifo y a la estudiante Katherine Medina por su colaboración en la toma de datos de los hormigueros, a todo el equipo de control mecánico del proyecto "Control y manejo integrado de la hormiga arriera en las zonas verdes públicas de 12 comunas de la ciudad de Santiago de Cali" que se llevó a cabo entre la Universidad del Valle y CVC Convenio No. 068, al Grupo de Investigación GEAHNA y a la sección de Entomología de la Universidad del Valle por su colaboración y prestación de herramientas y equipos durante esta investigación. La investigación del comportamiento de la hormiga arriera y los enemigos naturales en los diferentes usos de la tierra, se llevó a cabo con recursos de International Foundation for Science, a través de un proyecto financiado a la Fundación CIPAV.

Fotografías

Karen Castaño Quintana: Figuras 1, 2,32, 33.

Carolina Giraldo: Figuras 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29.

Francisco López Machado: Figura 5.

Juan José Molina: Figura 31.

Alexander Velázquez: Figuras 19, 21, 30.

Abhay Soman: Figura 6.

Literatura citada

Bollazzi, M., Roces, F. 2010. Leaf-cutting ant workers (*Acromyrmex heyeri*) trade off nest termoregulation for humidity control. Journal of Ethology 28:399-403.

Bueno, O.C., Bueno, F.C., Brochini, J., Sinhori, K., Morini, M.S.C., Hebling, M.J.A., Pagnocca, F.C., Leite, A.C., Vieira, P.C., Fernandes, J.B. 2004. Activity of sesame leaf extracts to the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology 44 (3): 511-518.

Castaño-Quintana, K., Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C. 2013. Toxicity of foliage extracts of *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) on *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) workers. Industrial Crops and Products, 44: 391– 395.

Chacón de Ulloa, P., Montoya-Lerma, J., Abadía, J. C., Rodríguez, J., Castaño-Quintana, K. 2019. Hormigas urbanas. En: Fernández, F., Guerrero, R. J., Delsinne, T. Hormigas de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 1171-1185p.

Cherrett, J. M. 1968. The Foraging Behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera, Formicidae). The Journal of Animal Ecology, 37 (2): 387-403.

Cherret, J. M. 1972. Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (Hymenoptera, Formicidae) in tropical rain forest. Journal of Animal Ecology 41:647-660.

Costa, A.N., Vasconcelos, H.L., Vieira-Neto, E.H.M., Bruna, E.M. 2019.Adaptive foraging of leaf-cutter ants to spatiotemporal changes in resources availability in Neotroplical savannas. Ecological Entomology 44: 227-238.

Della Lucia, T.M.C. 2011. Formigas cortadeiras da bioecologia ao manejo. Universidade Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brasil. 421p.

Diehl-Fleig, E., Da Silva, M.E., Bortolás, E.P. 1992. Emprego do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* em iscas para o controle das formigas cortadeiras *Acromyrmex* spp. em floresta implantada de *Eucaliptus grandis*. Nova Prata: Congresso Florestal Estadual 1139-1150p.

Fernández, F., Castro-Huertas, V., Serna, F. 2015. Hormigas cortadoras de Colombia: *Acromyrmex* & *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). Fauna de Colombia, Monografía No.5, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. 350p.

Giraldo, C. 2005. Impacto de la hormiga arriera (*Atta* sp.) en diferentes usos de suelo en la cuenca del río La Vieja. Informe de Investigación. Proyecto Valoración de los Bienes y Servicios de la biodiversidad para el desarrollo sostenible de paisajes rurales colombianos: Complejo Ecorregional de los Andes del Norte (CEAN). 29p.

Hölldobler, B., Wilson, E.O. 2011. The leafcutter ants. Civilization by instinct. W.W. Norton & Company, Inc. New York, Estados Unidos. 160p.

Howard, J. J. 1988. Leaf-cutting and diet selection: Relative influence of leaf chemistry and physical features. Ecology 69: 250-260.

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 (2): 151-158.

Montoya-Correa, M., Montoya-Lerma, J., Armbrecht, I., Gallego, M.C. 2007. ¿Cómo responde la hormiga 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 (2): 1-8.

Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrecht, I., Farji-Brener, A., Calle, Z., 2012. Leaf-cutting ant revisited: towards rational management and control. International Journal of Pest Management, 58 (3), 225–247.

Munro, N.T., Fischer, J., Barrett, G., Wood, J., Leavesley, A., Lindenmayer, D.B. 2011. Bird's Response to Revegetatios of Different Structure and Floristics-Are "Restoration Plantings" Restoring Bird Communities? Restoration Ecology 19 (201): 223-235.

Nichols-Orians, C.M., Schultz, J.C.1990. Interactions among leaf toughness, chemistry, and harvesting by attine ants. Ecological Entomology 15: 311–320.

Oliveira, M.C., Della Lucia, T.M.C., Nascimento, D., Lima, C.A. 2002. Espécies forrageiras preferidas para o corte por Atta bisphaerica Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). Revista Ceres 49 (283): 321-328.

Olsson, O., Brown, J.S., Helf, K.L. 2008. A guide to central place effects in foraging. Theoretical Population Biology 74: 22-33.

Poinar, G.O. 1990. Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae. En: Gaugler, R., Kaya, H.K. Kaya (eds.). Entomopathogenic Nematodes in Biological Control, CRC Press, Boca Ratón, Estados Unidos. 75-87p.

Ramos, A.A., Patiño, O.A. 2002. Manejo Integrado Comunitario de la Hormiga arriera. Popayán. ICA. Produmedios. 20 p.

Rivera, L.F., Botero-Gómez, M., Escobar-Ramirez, S., Armbrecht, I. 2008. Diversidad de Hormigas en sistemas ganaderos. En: Murgueitio, E., Cuartas, C., Naranjo, J.F. (Eds.). Ganadería del future: Investigación para el Desarrollo. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 229-243pp.

Roces, F., Kleineidam, C. 2000. Humidity preference for fungus culturing by workers of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. Insectes Sociaux 47 (4): 348-350.

Roces, F. 1993. Both evaluation of resource quality and speed of recruited leaf-cutting ants (*Acromyrmex lundi*) depend on their motivational state. Behavior of Ecological Sociobiology 33: 183–189.

Serna, F. J., Correa, J. A. 2003. Extractos de hojas de tomate Lycopersicon esculentum como fagoinhibidores de *Atta cephalotes*. Agronomía Colombiana 21 (3): 142-153.

Urbas, P., Araújo, M.V., Leal, I.R., Wirth, R. 2007. Cutting more from cut forest: Edge effects on foraging and herbivory of Leaf-cutting ants in Brazil. Biotropica 39(4): 489-495.

Varon, E., Eigenbrode, S., Bosque-Perez, N., Hilje, L., Jones, J. 2011. Coffee Farm Diversity and Landscape Features Influence Density of Colonies of *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Economic Entomology, 104(1): 164-172.

Vasconcelos, H. L., Cherrett, J. M. 1995. Changes in leaf-cutting ant populations (Formicidae: Attini) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. Studies on Neotropical Fauna and Environment 2:107–113.

Weber, N. A. 1966. Fungus growing ants. Science (New Series) 153 (3736): 587-604.

CAPÍTULO 7

Insectos chupadores del pasto kikuyo Cenchrus clandestinus (Hochst. ex Chiov) Morrone en condiciones de monocultivo y sistemas silvopastoriles intensivos en el trópico alto de América

Daniel Esteban Ochoa Londoño[1]
Jhon Jairo Lopera-Marín[1*]
Zoraida Calle Díaz[1]
Julián Chará Orozco[1]
Enrique Murgueitio Restrepo[1]

[1]*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.*
**Autor para correspondencia: jjlopera@fun.cipav.org.co*
nvalenciaga1966@gmail.com

Resumen

En Colombia, la producción lechera especializada de la zona andina se encuentra entre 2.000 a 2.800 metros de altitud denominado como trópico alto, y se basa en monocultivos de gramíneas, en especial con la utilización del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone), conocido también como kukuy, kuy o kokuy. Este es sensible al ataque de insectos plaga que en conjunto forman el denominado "c*omplejo de insectos chupadores*", con una gran capacidad reproductiva, y un impacto negativo sobre la productividad al reducir la biomasa forrajera disponible para las vacas lecheras. Este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar las poblaciones del complejo de insectos chupadores y el nivel de daño ocasionado sobre el pasto kikuyo, tanto en sistemas convencionales de producción de leche y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) en fincas con lechería especializada en el trópico alto. Los resultados obtenidos en cuanto a la abundancia de insectos, el chinche de los pastos presentó una menor población en el SSPi de botón de oro y pasto kikuyo (tratamiento BP), que en el monocultivo de pasto kikuyo (tratamiento M). El lorito verde también fue más abundante en el monocultivo de pasto, y la menor población se registró en el tratamiento ABP. El nivel de daño en el pasto, el tratamiento BP fue el menos afectado, manteniendo la mayor parte de la oferta forrajera para alimentar las vacas en producción. La evaluación evidencia que los SSPi tienen la capacidad no solo de producir altas cantidades de biomasa por año, sino que pueden contribuir en la reducción del complejo de insectos chupadores en el pasto kikuyo, probablemente por la complejidad en la conformación y la oferta de servicios ecosistémicos que favorecen otras poblaciones de insectos benéficos y variaciones en el clima que puedan alterar los ciclos biológicos de los insectos plaga.

Introducción

Los insectos chupadores que pertenecen al orden Hemiptera se caracterizan por poseer un aparato bucal modificado en forma de pico (probóscide), el cual contiene estiletes interiores que utilizan para perforar el tejido vegetal y succionar los fluidos de la planta (Gullan & Cranston 2010). Muchos hemípteros, principalmente los de las familias Cicadellidae, Cercopidae y Miridae dependen exclusivamente para su alimentación de la savia vegetal viva (floema o xilema), por lo cual son considerados plagas agrícolas cuando los daños que ocasionan a las plantas durante el proceso de alimentación y/o oviposición; o por la transmisión de enfermedades (Resh & Cardé 2009), superan los umbrales económicos de las plantaciones.

Los Cercopidos son reconocidos como plagas de la caña de azúcar y de pastos forrajeros en Latinoamérica (CIAT 1982, Long & Hensley 1972) y son considerados las principales plagas de los pastos en América tropical (CIAT 1982). El salivazo o mión de los pastos como es conocido comúnmente en Colombia, es un insecto que se caracteriza porque en el estado inmaduro, las ninfas, se encuentran rodeadas de una espuma blanca con burbujas de aire que recubren su cuerpo y lo protegen de la desecación y de los enemigos naturales (Roog 2000, CIAT 1982).

Los adultos del salivazo ocasionan daños severos en las áreas de pastoreo aproximadamente entre el 20 y el 40 % de las áreas sembradas con *B. decumbens*, debido a que perforan los tejidos al chupar savia foliar, lo que, a su vez, provoca lesiones necróticas que se expanden longitudinalmente hacia el ápice de la hoja, produciendo el síntoma típico de quemazón con apariencia de marchitez (Sotelo & Cardona 1999, Vélez 1997, CIAT 1982). Si el ataque es severo la planta puede morir y, como consecuencia, reduce la producción de materia seca, la digestibilidad y la calidad del forraje. Con esto, se disminuye considerablemente la producción de leche en las fincas ganaderas (Holmann & Peck 2002).

Lo mismo ocurre con el chinche de los pastos, nombre por el que se conocen diferentes especies de chinches de la familia Miridae (*Collaria scenica* Stal, *C. oleosa* Distant, entre otras), quienes son considerados la principal plaga de las praderas destinadas para producción de leche en la región del altiplano cundiboyacense (Garza & Barreto 2011). Estos chinches también afectan la producción y calidad del pasto durante su alimentación, provocando manchas cloróticas que disminuyen el área fotosintética de las plantas, reducen hasta en un 25% la disponibilidad de biomasa forrajera y generan pérdidas económicas para los productores de leche (Galindo *et al*. 2001, Martínez & Barreto 1998, Vergara 2006), como se observa en la Figura 1.

En Colombia, la producción lechera especializada de la zona andina se encuentra entre 2.000 - 2.800 metros de altitud y se basa en monocultivos de pasto a libre exposición. El principal pasto que se utiliza en las fincas de lechería es el kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone), conocido también como kukuy, kuy o kokuy. Este pasto es sensible al ataque de insectos plaga, que en conjunto forman el denominado "*complejo de insectos chupadores*". La principal característica de estos insectos es el de alimentarse de gramíneas, con gran capacidad reproductiva y un impacto negativo sobre la productividad, puesto que reduce la biomasa forrajera disponible para los animales en producción. El 96% de las fincas dedicadas a la producción de leche son afectadas por este complejo de Chupadores y se estima que, por estos insectos, el ingreso neto de los ganaderos baja en promedio un 25 % (Valencia, 2014).

En la búsqueda de soluciones que permitan el control de este complejo de insectos en los sistemas de ganadería, los productores han incurrido en el uso irracional de insecticidas químicos, incrementando los costos de producción, contaminación del suelo y el agua, por medio de altos niveles de clorpirifos (principio activo del Lorsban). En San Pedro de los Milagros, Antioquia, el 10 % de los eventos notificados por las entidades de salud en 2011, correspondieron a intoxicaciones por plaguicidas, así como, la presencia de trazas de moléculas en la leche y sus derivados lácteos para el consumo humano. Márquez (2001) detectó la presencia de clorpirifos, aún 63 días después de la aplicación del producto.

Figura 1. Daños de los insectos chupadores (*Collaria* sp.) sobre el pasto Kikuyo (*C. clandestinus*) en trópico alto en América.

Todo lo anterior, se representa en pérdidas económicas importantes para los productores y puede amenazar la competencia de los productos lácteos en los mercados internacionales, donde el reto es producir con bajos costos y buena calidad higiénico, sanitaria y composicional (Carulla & Ortega 2016).

El sistema de lechería especializada en el trópico alto (clima frío), se caracteriza por manejar vacas con altos niveles de producción de leche con razas europeas especializadas, producir en monocultivos de pasto con la utilización de altos niveles de fertilización química nitrogenada, suplementar los animales con alimentos concentrados y utilización de insecticidas químicos para el control de plagas asociadas al pasto (Márquez 2013, Murgueitio *et al*. 2008).

Por lo anterior, existe una preocupación, cada vez mayor, por la pérdida de sostenibilidad del sistema ganadero, tanto en términos productivos como ambientales. Ante la situación actual de la ganadería convencional en el trópico alto, los sistemas silvopastoriles se convierten en una alternativa para la rehabilitación de las tierras ganaderas, conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, reducción de costos y la producción de alimentos sanos (Murgueitio *et al*. 2011). Estos sistemas, combinan pasto, arbustos forrajeros y árboles en las áreas de pastoreo, lo cuales contribuyen a incrementar la provisión de servicios ambientales en los sistemas de producción lechera (Chará & Giraldo 2011).

Con el propósito de evaluar la incidencia y severidad del daño que ocasiona el complejo de insectos chupadores al pasto kikuyo, se realizó esta evaluación en sistemas convencionales, donde la alimentación de los animales se basa en monocultivos de pasto Kikuyo, concentrado y se aplican agroquímicos, y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) cuya base forrajera corresponde a una variedad de especies arbustivas, arbóreas y praderas, en fincas con lechería especializada en el trópico alto.

Materiales y métodos

Zona de estudio

El estudio se realizó en la finca Cien Años de Soledad, situada en el municipio de Rionegro, Antioquia. Se encuentra en las coordenadas geográficas (6° 8´ 29,76" N y 75° 28´ 5,64" W) a 2.275 metros de altitud, en la zona de vida bosque muy húmedo montano (bmh-M) Holdridge (1996). La propiedad tiene una extensión total de 14 ha, topografía con pendientes fuertes, precipitación media de 2.400 mm año, 17 °C de temperatura media (Lopera *et al*. 2015).

En esta finca, se evaluó el complejo de chupadores en cuatro tipos de sistemas ganaderos cada 15 días durante 8 meses. En cada tratamiento se evaluaron cinco puntos de muestreo para un total de 17 muestreos por hectárea: tres arreglos silvopastoriles (SSPi) los cuales corresponden a los tratamientos BP, ABP y AP y un potrero convencional con árboles en el perímetro, pero sin sombra en el interior que corresponden al tratamiento M. Los tratamientos tienen una distancia en promedio de 400 m entre estos, además hay una gran presencia de cercas vivas que delimitaban los potreros que permiten la independencia de los tratamientos.

• **BP:** SSPi con arbustos de botón de oro *Tithonia diversifolia* Hemsl, en alta densidad (mayor de 3.000 arbustos por ha) para el ramoneo directo y pasto kikuyo *C. clandestinus* con un área total de 2.924,54 m^2 (Figura 2a).

• **ABP:** SSPi de botón de oro *T. diversifolia*, pasto kikuyo *C. clandestinus* y árboles de aliso *Alnus acuminata* Kunth (mayor de 20 árboles por ha) con un área total de 3.060,23 m^2 (Figura 2b).

• **AP:** SSP de pasto kikuyo *C. clandestinus* con árboles dispersos de aliso *A. acuminata* (mayor de 20 árboles por ha) con un área total de 3.164,91 m^2 (Figura 2c).

• **M:** monocultivo de pasto kikuyo *C. clandestinus* con árboles variados en el perímetro con un área total de 3.307,25 m^2 (Figura 2d).

Figura 2a.

Figura 2b.

Figura 2c.

Figura 2d.

Evaluación del complejo de chupadores y su nivel de daño en el pasto kikuyo

La evaluación del nivel del daño del complejo de chupadores al pasto kikuyo, se realizó en cada ciclo de rotación del ganado. Para cada tratamiento, los muestreos se llevaron a cabo cada 15 días después de la salida de los animales, con repeticiones diez días antes de la nueva rotación. Los insectos tenidos en cuenta dentro del complejo de chupadores fueron la colaria, lorito verde y el mión de los pastos.

El muestreo de los chupadores se realizó mediante recorridos en forma de zigzag, delimitando cinco unidades experimentales de 10m. de largo por 0,8m. de ancho, dado que los insectos presentan una distribución agregada y esto genera que se tomen varios puntos dentro del potrero. En cada unidad experimental se realizaron 10 pases dobles con jama entomológica a la altura del pasto y el punto inicial es tomado de forma aleatorizada en cada uno de los tratamientos (Figura 3).

Los insectos colectados fueron almacenados en una cámara letal con acetato de etilo para su posterior identificación taxonómica en el laboratorio de la Universidad Nacional sede Medellín y la Universidad del Valle. Para cada tratamiento se registraron datos

ambientales de temperatura, humedad relativa y pluviosidad mediante termohigrómetros portátiles al momento de hacer la colecta, complementados con información climática obtenida con micro estación meteorológica portátil y pluviómetros presentes en las fincas, con el fin de relacionar estas variables ambientales con la presencia de los fitófagos en los sistemas de producción.

Figura 3. Muestreo sistemático en forma de zig-zag.

Para determinar el nivel de daño en el pasto, se realizó un muestreo también en forma de zig-zag colectando las muestras en cada vértice y se colectaron de 10 a 20 puntos por hectárea con un marco aforador de 50 x 50 cm (Figura 4a y 4b). En cada sitio se seleccionaron al azar 10 hojas de *C. clandestinus*, colectando las hojas desde la lígula para tener una observación completa, el 100% del folio y a cada una de las hojas colectadas se evaluó el daño ocasionado por los insectos chupadores con base en la escala de daño de la Tabla 1 y Figura 5 y al final se da una proporción de daño por cada punto de colección (Caldero *et al*. 1982).

Tabla 1. Niveles de daño del complejo de los chupadores en el pasto kikuyo (*C. clandestinus*) (Calderon *et al*. 1982).

DAÑO	NIVEL	DESCRIPCIÓN
Ausencia de daño	1	Pasto sano, hojas de color verde intenso
Daño leve	2	Algunas hojas descoloridas; menos de la tercera parte del área foliar afectada.
Daño moderado	3	Manchas blancas o amarillas que cubren entre 1/3 y 2/3 del área foliar.
Daño grave	4	Amarillamiento casi total del follaje.

Figura 4a y 4b. Marco aforador y daño generalizado del pasto *C. clandestinus* por insectos chupadores.

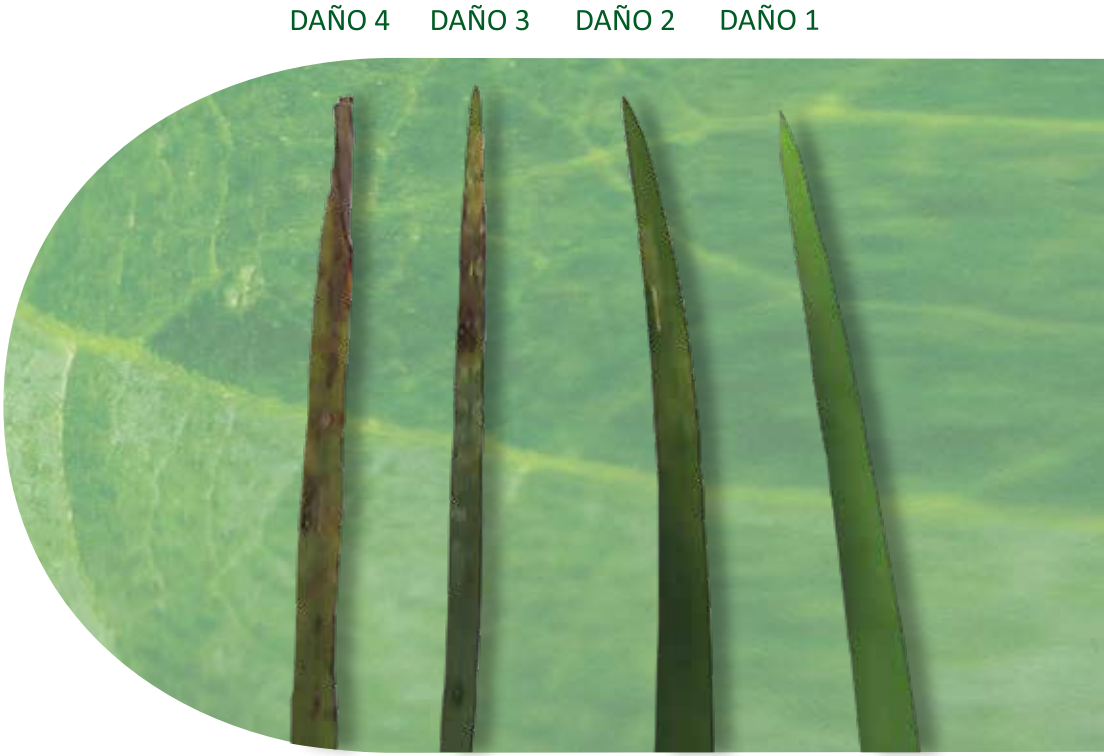


Figura 5. Escala utilizada para medir el nivel de daño del complejo de chupadores sobre *C. clandestinus.*

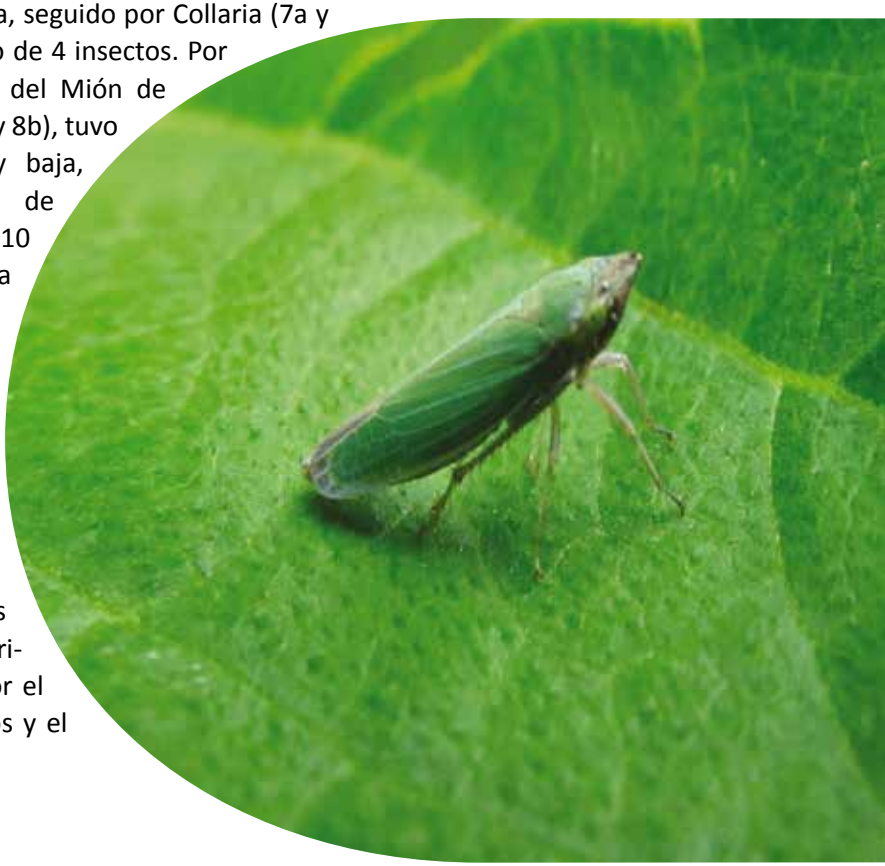
Diseño experimental y análisis estadístico

Para cada tratamiento (BP, ABP, AP y M) se utilizó un diseño completamente aleatorizados (DCA), con selección aleatoria del punto de medición inicial para el muestreo sistemático en cada tratamiento. Las variables analizadas fueron: los conteos de *Collaria*, lorito verde y mión de los pastos, al igual que las covariables ambientales. La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey. La normalidad de los residuales se evaluó con la prueba de Shapiro y para la transformación de los datos del conteo de insectos se utilizó el programa Boxcox. Para los análisis estadísticos se utilizó el software R Project, versión 3.1.3 (The R Project for Statistical Computing). El análisis del nivel de daño en el pasto se realizó de manera descriptiva.

Resultados y discusión

Población y abundancia de insectos chupadores en C. clandestinus

La presencia del insecto con mayor proporción en los sistemas de producción fue el Lorito verde (figura 6a y 6b), con un promedio de 12 insectos por cada 10 pases dobles de jama, seguido por Collaria (7a y 7b) con un promedio de 4 insectos. Por último, la presencia del Mión de los pastos (figura 8a y 8b), tuvo una incidencia muy baja, obteniendo menos de un insecto por cada 10 pases dobles de jama (Figura 9). Estos resultados también fueron encontrados en un estudio realizado en el departamento de Antioquia por Ortega (1997), donde el insecto fitófago más abundante fue el lorito verde, seguido por el chinche de los pastos y el mión de clima frío.



LORITO VERDE, SALTA HOJAS O MOSQUITO DE LOS PASTOS	
Nombre científico	En Colombia existen varias especies de loritos verdes (entre ellas *Empoascas* sp. y *Draeculacephala* sp.), que se alimentan de diferentes pastos.
Orden y familia	Homóptera: Cicadellidae.
Hospedero	Se alimentan de las partes tiernas y porciones apicales de las hojas del kikuyo (*C. clandestinus*) y otros pastos.

Figura 6a y 6b. Lorito verde y estructura bucal del insecto.

CHINCHE DE LOS PASTOS, SECADOR O SALTA HOJAS	
Nombre científico	*C. scenica*, *C. oleosa* y otras especies desconocidas.
Orden y familia	Hemíptera: Miridae.
Hospedero	Estos insectos afectan una gran variedad de pastos principalmente el kikuyo (*C. clandestinus*). Los individuos inmaduros y adultos se alimentan de hojas tiernas y se pueden observar en la parte apical de las hojas.

Figura 7a y 7b. Chinche de los pastos y el estilete, estructura bucal para perfora los tejidos vegetales.

MIÓN DE LOS PASTOS, MOSCA PINTA, SALIVAZO O CANDELILLA	
Nombre científico	Existen varias especies de miones en Colombia. Las dos principales plagas de clima frío son *Mahanarva phantastica* y *Zulia carbonaria.*
Orden y familia	Homoptera: Cercopidae.
Hospedero	Estos insectos afectan a una gran variedad de pastos según la zona de vida. En clima frío se alimentan de pasto kikuyo (*C. clandestinus*).

Figura 8a y 8b. Mión de los pastos y estructura bucal del insecto.

La mayor incidencia del chinche se observó en el sistema de monocultivo de pasto kikuyo rodeado por franjas de árboles (tratamiento M) con un promedio de 5,2 insectos por los 10 pases dobles de jama, seguido por los dos sistemas silvopastoriles con alisos (*A. acuminata*) dispersos con promedio de 3,8 (tratamiento ABP) con un promedio de 3,6, mientras que la menor abundancia se registró en el SSPi de botón de oro y pasto kikuyo (tratamiento BP) con 2,8 chinches por los 10 pases dobles de jama. En un estudio realizado para *Collaria*, se encontraron más de 20 individuos por unidades de muestreo de 10 pases dobles de jama (Martínez & Barreto 1998).

Para el caso del lorito verde, también presentó mayor abundancia en el potrero sin árboles (tratamiento M) con un promedio de 15,7 insectos por 10 pases dobles de jama, seguido por los sistemas silvopastoriles (AP y BP) con promedios de 12,3 y 11,1 insectos respectivamente, mientras que la menor incidencia se encontró en el sistema que está compuesto por los tres estratos (ABP) con un promedio de 9,4 insectos por cada 10 pases dobles de jama.

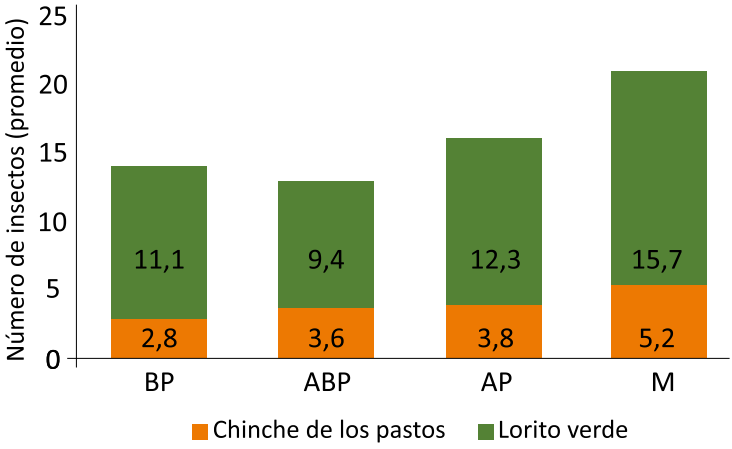


Figura 9. Abundancia de insectos chupadores (chinche de los pastos y lorito verde) en los cuatro sistemas ganaderos evaluados. **BP:** SSPi con arbustos de botón de oro *T. diversifolia* en alta densidad para el ramoneo directo y pasto kikuyo *C. clandestinus*; **ABP:** SSPi de botón de oro *T. diversifolia*, pasto kikuyo *C. clandestinus* y árboles jóvenes de aliso *A. acuminata*; **AP:** SSP de pasto kikuyo *C. clandestinus* asociado a árboles dispersos de alisos *A. acuminata*; **M:** monocultivo de pasto kikuyo *C. clandestinus* con árboles variados en el perímetro.

Aunque el mión de los pastos está presente en los sistemas ganaderos de montaña, su incidencia es muy baja y coincide con el inicio de las lluvias. Se presentó una incidencia de menos de un insecto en promedio para cada uno de los tratamientos. Por el contrario, el chinche de los pastos y el lorito verde están presentes durante todo el año y al parecer, sus poblaciones aumentan en las épocas secas cuando el pasto es más escaso. Para *C. oleosa*, en general, el número promedio de este insecto en cada uno de los tratamientos no supera los seis individuos por cada 10 pases dobles de jama (Figura 10). La abundancia fue significativamente menor en el tratamiento de BP ($p<0,05$).

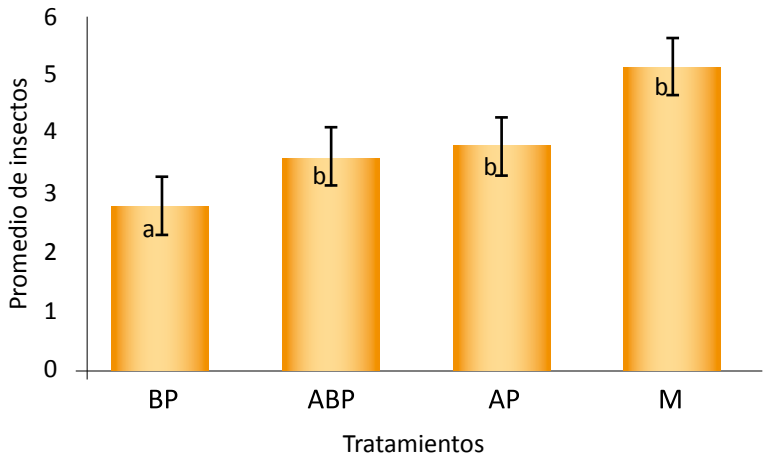


Figura 10. Población promedio de *C. oleosa* por muestreo (diez pases de jama doble) en los diferentes tratamientos evaluados. **a** y **b**: las medias en cada columna con diferente letra son estadísticamente diferentes, acorde con la prueba de Tukey ($p<0.05$). **BP:** SSPi con arbustos de botón de oro *T. diversifolia* en alta densidad para el ramoneo directo y pasto kikuyo *C. clandestinus*; **ABP:** SSPi de botón de oro *T. diversifolia*, pasto kikuyo *C. clandestinus* y árboles jóvenes de aliso *A. acuminata*; **AP:** SSP de pasto kikuyo *C. clandestinus* asociado a árboles dispersos de alisos *A. acuminata*; **M:** monocultivo de pasto kikuyo *C. clandestinus* con árboles variados en el perímetro.

De acuerdo con el análisis estadístico, las mediciones ambientales de manera individual (temperatura, humedad y precipitación) no son muy significativas pero las interacciones entre estas explican la variación en la presencia de los insectos. Garza & Barreto (2011), reportaron que la población de *Collaria* sp. crece en función del incremento en la disponibilidad del pasto y el aumento en la precipitación y la temperatura máxima semanal. El aumento de la temperatura se asocia con un aumento de la herbivoría en múltiples aspectos. Wilf (2008), Rodríguez (2011) y Tommi *et al*. (2012), evaluaron las variables agroclimáticas significativas en la presencia de ninfas y adultos del chinche de los pastos y encontraron que existe una relación positiva y significativa entre la temperatura, la precipitación y la evapotranspiración.

La abundancia de lorito verde en el tratamiento ABP presenta una abundancia de 9,4 insectos por cada diez pases de jama doble, siendo significativamente menor ($p<0,05$) que el resto de los tratamientos (BP, AP y M) (Figura 11). En un estudio llevado a cabo en la misma finca, Sarria *et al.*, (2004) encontraron que en un sistema silvopastoril con árboles de aliso y pasto kikuyo, la población de cicadelidos fue menor con relación a los datos obtenidos para el mismo tratamiento en la presente evaluación. En el modelo también existe una alta correlación

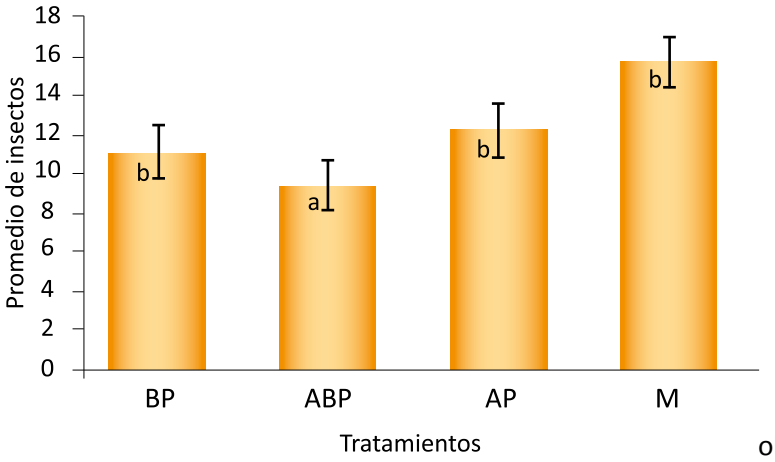


Figura 11. Población promedio de lorito verde por muestreo (diez pases de jama doble) en los diferentes tratamientos evaluados. **a** y **b**: las medias en cada columna con diferente letra son estadísticamente diferentes, acorde con la prueba de Tukey ($p<0.05$). **BP:** SSPi con arbustos de botón de oro *T. diversifolia* en alta densidad para el ramoneo directo y pasto kikuyo *C. clandestinus*; **ABP:** SSPi de botón de oro *T. diversifolia*, pasto kikuyo *C. clandestinus* y árboles jóvenes de aliso *A. acuminata*; **AP:** SSP de pasto kikuyo *C. clandestinus* asociado a árboles dispersos de alisos *A. acuminata*; **M:** monocultivo de pasto kikuyo *C. clandestinus* con árboles variados en el perímetro.

entre la humedad relativa y la abundancia del insecto. Raupach *et al*. (2002), evaluaron el desarrollo de las larvas del género *Empoasca* spp. en laboratorio y determinaron que la temperatura influía directamente con el desarrollo de la especie.

Para el salivazo, las poblaciones promedio del fitófago fueron menores a un individuo por diez pases dobles, y en la mayoría de los tratamientos el conteo fue cero. Estos animales son generalmente de trópico bajo, pero por el calentamiento global y el aumento en los grados centígrados, se ha presentado un aumento en la incidencia de estos animales en trópico alto. Daniel Peck en (2002) indica que los Homópteros de la familia Cercopidae se distribuyen por todo el país.

Evaluación del nivel de daño del complejo de chupadores sobre el pasto

El tratamiento que presentó una mayor proporción de ausencia en el daño generado por el complejo de chupadores es el tratamiento compuesto por árboles y pasto (AP) con casi el 70% de sus plantas sin síntomas de fitofagia. Seguido por el tratamiento (BP) que presentó un nivel de daño mínimo, pues durante todo el período evaluado el 96 % del pasto se encontró en un nivel de daño 1 y 2 (ausencia de daño y daño mínimo, respectivamente), indicando que el pasto mantuvo la mayor parte de oferta en biomasa y sus nutrientes para alimentar las vacas en producción. Todos los tratamientos (BP, ABP, AP y M) presentaron un nivel de daño 3 (daño moderado), sin embargo, el tratamiento (M) presentó los mayores niveles de daño (Figura 12). Sarria *et al*. (2004) encontraron que el daño en el pasto *C. clandestinus* se pudo observar en las áreas de monocultivo a diferencia de las que presentan árboles en los potreros.

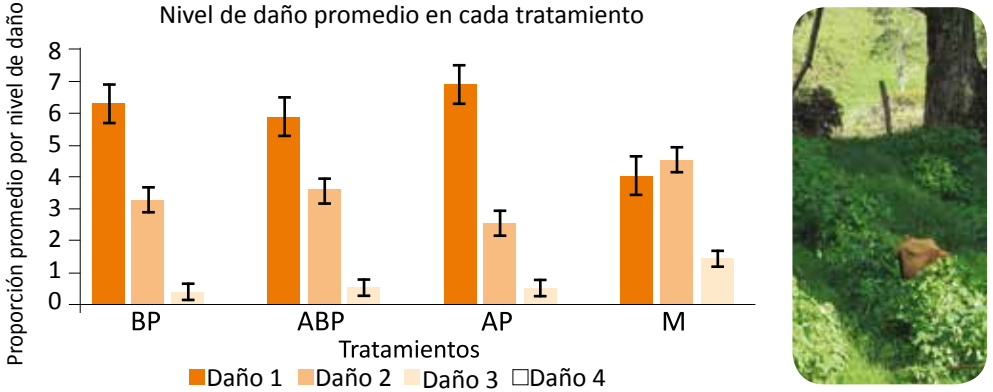


Figura 12. Proporción promedio por nivel de daño del pasto kikuyo en cada tratamiento. **BP:** SSPi con arbustos de botón de oro *T. diversifolia* en alta densidad para el ramoneo directo y pasto kikuyo *C. clandestinus*; **ABP:** SSPi de botón de oro *T. diversifolia*, pasto kikuyo *C. clandestinus* y árboles jóvenes de aliso *A. acuminata*; **AP:** SSP de pasto kikuyo *C. clandestinus* asociado a árboles dispersos de alisos *A. acuminata*; **M:** monocultivo de pasto kikuyo *C. clandestinus* con árboles variados en el perímetro.

Presencia de artrópodos benéficos

Es claro que, en los diferentes sistemas agroforestales pecuarios evaluados, la población de insectos y el nivel de daño en pasto es menor, pero se considera que también los insectos benéficos pueden estar jugando un papel importante en control del complejo de chupadores. Aunque esto no fue objeto del estudio, es probable que tanto árboles y arbustos en estos sistemas, ofrezcan recursos y refugio a insectos benéficos como los depredadores y parasitoides. Durante los muestreos con jama se colectaron insectos benéficos como cucarrones (*Eriopis connexa*), chinches (Nabidae) y avispas que se alimentan de estos insectos plaga. También abundan las arañas (Figura 13 y 14) que construyen sus telas entre los árboles y arbustos para atrapar gran cantidad de insectos.

Los potreros sin árboles probablemente no ofrecen el suficiente refugio para los enemigos naturales de los insectos plaga, y, en consecuencia, estos tal vez pueden aumentar sus poblaciones reduciendo la producción y el valor nutricional del pasto. Por esta razón, los monocultivos de pastos son más dependientes de insumos químicos para reemplazar las funciones biológicas de los insectos benéficos. Por otra parte, el ambiente sombreado de los sistemas silvopastoriles se ve menos afectado por las variaciones de temperatura y humedad que el monocultivo de pasto, lo cual probablemente puede beneficiar no solo a las gramíneas sino a los insectos depredadores, parasitoides y hongos entomopatógenos. Estos últimos requieren de un ambiente húmedo para poder infectar las larvas y ninfas de los insectos chupadores.

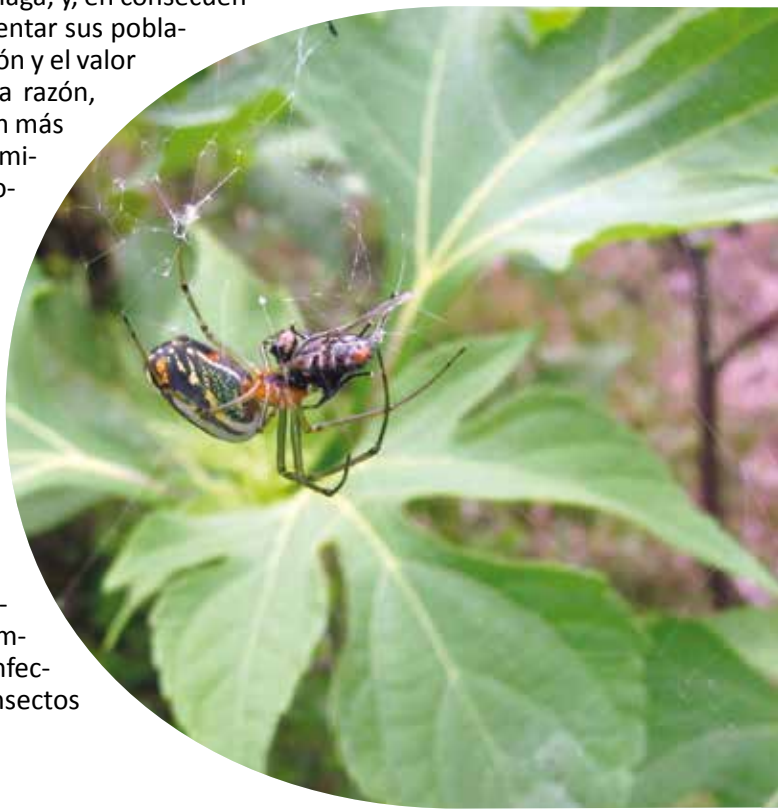


Figura 13. Arácnidos en el botón de oro de los SSPi. Finca Cien Años de Soledad, Rionegro, Antioquia.

Aunque el monocultivo del pasto kikuyo también alberga insectos benéficos gracias a la presencia de árboles en la periferia, el ataque del complejo de insectos chupadores fue mayor en la gramínea que en los sistemas silvopastoriles probablemente porque no se tiene componente arbóreo en el interior del monocultivo. La presencia de tres estratos de vegetación (tratamiento ABP), se relaciona con la menor incidencia del lorito verde y del chinche de los pastos, quienes son considerados los insectos chupadores que más afectan la producción de la leche en las montañas. Una posible explicación es que la vegetación arbustiva y arbórea del SSPi ofrece más sitios de refugio para los organismos depredadores, parásitos y parasitoides de los insectos chupadores, y conserva un ambiente húmedo más favorable para la acción de los hongos que atacan a estos insectos. Por lo tanto, es necesario modificar la matriz del monocultivo de pastos para ampliar el efecto protector de los organismos benéficos a toda la pradera.

Figura 14. Chinches depredadores en hojarasca de un sistema silvopastoril en el trópico de altura en la finca Cien Años de Soledad, Rionegro, Antioquia.

Conclusiones

La evaluación evidencia que los SSPi tienen la capacidad no solo de producir altas cantidades de biomasa durante todo el año, sino que al mismo tiempo puede contribuir a la reducción del complejo de insectos chupadores en el pasto kikuyo, probablemente porque son sistemas más complejos en su conformación, proveen mayores servicios ecosistémicos, lo que explica que en la medida en que estos se vuelven más simples (como los árboles dispersos en potrero hasta llegar a monocultivos de pasto), la abundancia de insectos chupadores y niveles de daño es mayor.

Por otro lado, es probable que a medida en que los sistemas son más complejos como los SSPi, es probable que estos alberguen otras poblaciones de insectos y arácnidos de interés que faciliten el control biológico y regulen las poblaciones de los insectos plaga del pasto. Los resultados sugieren que, en una próxima evaluación, se debe incorporar la determinación taxonómica de estos insectos incluyendo la cadena trófica para definir claramente cómo con sus preferencias de alimentación contribuyen a la regulación de los insectos chupadores del pasto.

Fotografías

Jhon Jairo Lopera: Figuras 1, 2a, 2b, 2c, 2d, 3, 15.

Daniel Ochoa Londoño: Figuras 4a, 4b, 5, 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b, 13,14.

Jaroslav Kaas: Figura página 180 superior.

Judy Gallagher: Figura página 183 superior.

Miguel Uribe L: Figura página 182 superior.

Figura 15. Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi), con botón de oro (*T. diversifolia*), pasto kikuyo (*C. Clandestinus*) y árboles maderables de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) en la finca Cien Años de Soledad, Rionegro, Antioquia..

Literatura citada

Carulla, J. E., Ortega, E. 2016. Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 24 (2):83-87.

Chará, J. D., Giraldo, C. 2011. Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 68p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. 1982. Descripción de las plagas que atacan los pastos tropicales y características de sus daños. Guía de estudio. Calderon, M., Varela, F., Valencia, G. Cali, Colombia. CIAT. 50p.

Galindo, J.R., Barreto, N., Ospina, D. 2001. Una metodología muestral sugerida para la estimación de la población de la chinche de los pastos en la Sabana de Bogotá. Agronomía colombiana 18(1-3): 129-134.

Garza, J., Barreto, N. 2011. Fluctuación temporal de la Chinche de los pastos *Collaria scenica* (Stal, 1859) (Hemíptera: Miridae) en la sabana de Bogotá. Revista Facultad de ciencias básicas Universidad Militar Nueva Granada, 7 (2): 166-179.

Gullan, P. J., Cranston, P. S. 2010. The Insects: An outline of entomology. Wiley-Blackwell, Oxford, Reino Unido. 565p.

Holmann, F., Peck, D. C. 2002. Economic damage cause by spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in Colombia: A first approximation of impact on animal production in *Brachiaria decumbens* pastures. Neotropical entomologoy, 31 (2): 275-284

Holdridge, L. 1996. Ecología basada en zonas de vida. Agroamérica. San José, Costa Rica. 216p.

Long, W. H., Hensley, S. D. 1972. Insect pests of sugar cane. Annual Review of Entomology, 17:149-76

Lopera, J. J., Márquez, S.M., Ochoa, D.E., Calle, Z., Sossa, C.P., Murgueitio, E. 2015. Producción agroecológica de leche en el trópico de altura: sinergia entre restauración y sistemas silvopastoirles. Agroecología, 10(1): 79-85.

Márquez, S., (2001). Evaluación de algunos efectos de la aplicación de Lorsban (Clorpirifos) en un suelo y un cultivo de kikuyo (Pennisetum clandestinum Hochst ex Chiov.), en el norte antioqueño. Universidad de Antioquia, Trabajo de Grado. Med. 144p.

Márquez, S., (2013). Riesgo ambiental por uso del clorpirifos en zonas de ganadería de leche y propuestas de conversión agroecológica, en San Pedro de los Milagros, Colombia. Tesis de doctorado. Universidad de Antioquia. Colombia.

Martínez, G. E., Barreto, T. N. 1998. La chinche de los pastos *Collaria scenica* Stal. en la sabana de Bogotá. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica, Santa Fe de Bogotá, Colombia. 66p.

Murgueitio, E., Cuartas, C., Naranjo, J. F. (Eds.). 2008. *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo*. Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261, 1654–1663.

Ortega, A. 1997. Diagnóstico técnico de la producción lechera en algunas explotaciones del altiplano norte de Antioquia. Revista Facultad NacionaI de Agronomía Medellín, 50(2): 79-96.

Peck, Daniel. (2001). Distribución y reconocimiento del salivazo de los pastos (Homóptera: Cercopidae) en la costa Caribe colombiana. Pasturas tropicales, vol. 24 N°. 1. Cali. Colombia.

Raupach, K., Borgemeister, C., Hommes, M., Poehling, M., Sétamou, M. 2002. Effect of temperature and host plants on the bionomics of *Empoasca decipiens* (Homoptera: Cicadellidae). Crop Protection, 21: 113–119.

Resh, V. H., Cardé, R. T. 2009. Encyclopedia of insects. Academic Press is an imprint of Elsevier. California, Estados Unidos. 1132p.

Rodríguez, A. 2011. Desarrollo de un sistema de alertas agroclimáticas tempranas para la chinche de los pastos, *Collaria scenica*, en la sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias, Departamento de Geociencias. Bogotá, Colombia.

Roog, H. W. 2000. Manejo Integrado de Plagas en cultivos de la Amazonía Ecuatoriana. Mossaico, Quito, Ecuador. 184p.

Sarria, P., Builes, A., Gómez, C., Murgueitio, E. 2004. Evaluación de la producción y la calidad del Kikuyo, *Pennisetum clandestinum* asociado con árboles de Aliso, *Alnus acuminata* en los Andes centrales de Antioquia. En: Murgueitio, E., Cuartas, C., Naranjo, J. F. (eds.). Ganadería del futuro investigación para el desarrollo. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 489p.

Sotelo, G. y Cardona, C., Manejo integrado del Salivazo de los pastos con énfasis en resistencia varietal. Entomólogos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

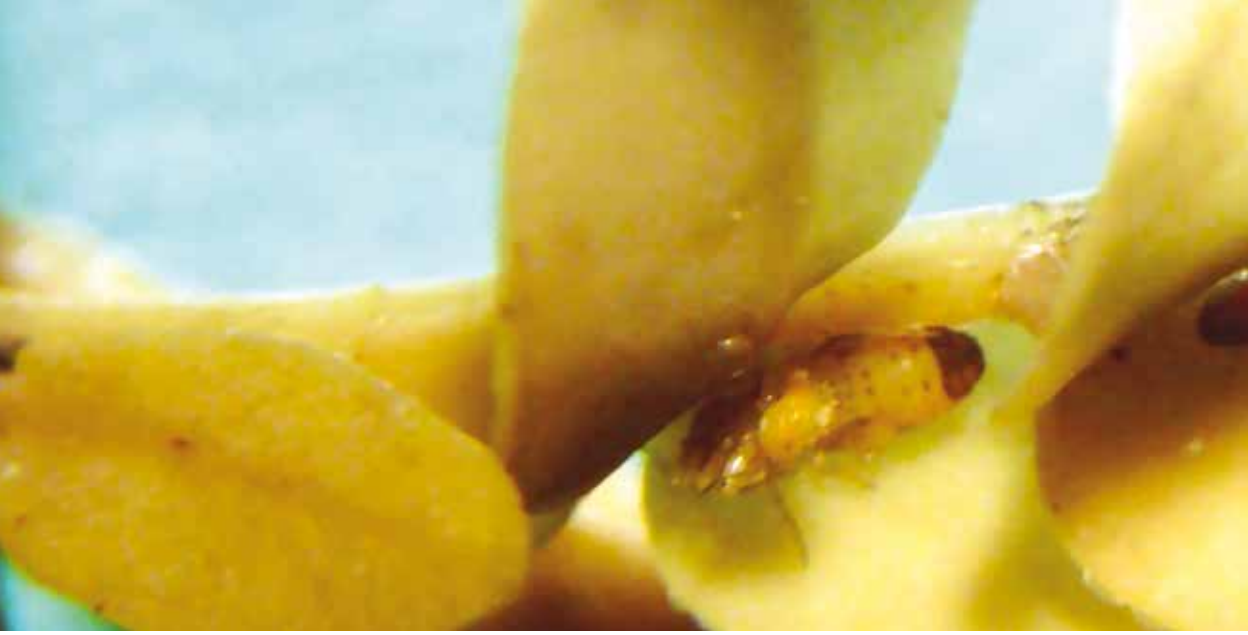
Tommi, N., Hans, P., Peña, C., Malm, T., Wahlberg, N. 2012. Climate-driven diversity dynamics in plants and plant-feeding insects. Ecology Letters, 15: 889–898.

Valecia, B. (2014). Control del Chinche de los pastos, *Collaria scenica* Stall. En Funza, Cundinamarca: Impacto económico y productivo. Universidad de la Salle, Bogotá.

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

Vergara, R. R. 2006. *Collaria* spp. Insecto Dañino del kikuyo: Métodos de Control. In: Seminario internacional competitividad en carne y leche 5. Colanta, Medellín, Colombia. 197-231p.

Wilf, P. 2008. Insect-damaged fossil leaves record food web response to ancient climate change and extinction. New Phytologist, 178 (3): 486-502.



CAPÍTULO 8

Heteropsylla cubana Crawford (Hemiptera: Psyllidae) en sistemas silvopastoriles con Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit (Fabaceae) en condiciones de Cuba

Nurys Valenciaga Valdés[1]
Madelen Herrera Perdomo[1]
Tomás Elías Ruiz Vázquez[1]

[1]*Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba*
nvalenciaga@ica.co.cu
nvalenciaga1966@gmail.com

Resumen

Este capítulo muestra la experiencia cubana en el estudio y manejo del psílido *Heteropsylla cubana* bajo sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala* y pasto Guinea. El insecto *H. cubana* es reportado como el principal fitófago de la leucaena, y los estudios en los estados de desarrollo demuestran que esta especie presenta un ciclo de vida de huevo, ninfa (cinco estadios) y adulto, con una duración promedio de huevo a adulto de 17 días bajo condiciones de trópico húmedo. El daño ocasionado por este insecto lo causan las ninfas y adultos al succionar la savia en los cogollos y hojas jóvenes de las plantas de leucaena, sin embargo, el intercalamiento con otros cultivos de ciclo corto, como maíz y vigna en el establecimiento de la arbórea, es un método alternativo para reducir la competencia con las arvenses, a la vez que favorece la presencia de insectos biorreguladores en el sistema, disminuyendo de esta forma el daño ocasionado por *H. cubana* a la leucaena. Dentro de los organismos biorreguladores se destacan depredadores de diversas especies de hormigas, arañas y coccinélidos. La regulación se incrementa con el aumento de la biodiversidad vegetal y con el tiempo de explotación del sistema silvopastoril. Por esto, contar con las bases teóricas para el manejo de *Heteropsylla cubana* bajo un sistema silvopastoril de leucaena-guinea en condiciones de Cuba ha permitido continuar utilizando a *L. leucocephala*, como árbol multipropósito, en virtud de los beneficios que brinda a la ganadería cubana. Se recomienda tomar como guía estos resultados para establecer el manejo fitosanitario del psílido en otros países del trópico americano.

Introducción

La leguminosa arbórea *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit ha sido reconocida por sus múltiples usos, facilidad de propagación y manejo, así como por su calidad excepcional como alternativa para la alimentación animal (24 % de proteína); factores que han sido claves para promover su adopción en sistemas agroforestales (Shelton & Jones 1995). Cuba tiene más de 20 años de experiencia en el manejo de sistemas silvopastoriles con predominio de *L. leucocephala* como planta forrajera, asociada al pasto guinea (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs = *Panicum maximum*) con el cual se han logrado los mejores resultados (Figura 1). Sin embargo, varios autores le atribuyen a la leucaena una alta susceptibilidad al insecto chupador *Heteropsylla cubana* Crawford (Hemiptera: Psyllidae), lo que puede limitar la promoción y uso de esta planta (Hughes 1998, Shelton 2001).

Heteropsylla cubana constituye el principal organismo fitófago de *L. leucocephala,* y es capaz de provocar daños económicos al cultivo (Barrientos *et al*. 1991, Showier 1995, Geiger & Gutiérrez 2000). En la planta, los síntomas de daño inician con clorosis, enrollamiento de las hojas, pérdida de vitalidad y lozanía, defoliación, retraso en el crecimiento (Barrientos 1987), y muerte de las plantas en caso de ataques severos (Waage & Huxley 1990, Schultze-Kraft 1994). Los daños del insecto se manifiestan con mayor efecto en los países donde no son oriundos ni la planta, ni el insecto (Valenciaga & Mora 2005).

A continuación, se recopilan los principales hallazgos de los trabajos realizados en el Instituto de Ciencia Animal-ICA de Cuba, sobre la entomofauna asociada a sistemas silvopastoriles leucaena-guinea. Asimismo, se contrastan y complementan con literatura pertinente disponible en busca de generar información al respecto de las acciones encaminadas para el manejo fitosanitario de *H. cubana*.

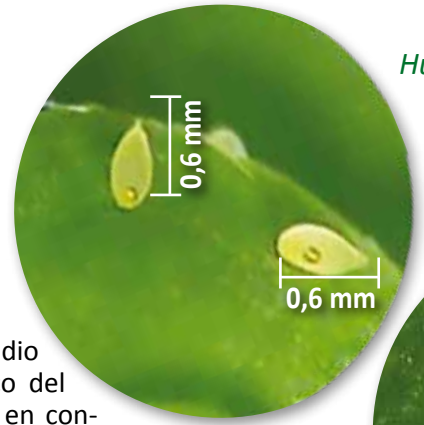
Figura 1. Sistema silvopastoril de leucaena y pasto guinea.

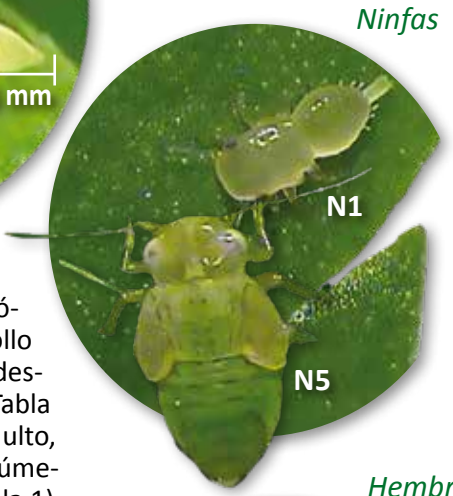
Biología y ecología de Heteropsylla cubana en sistemas silvopastoriles de leucaena-guinea

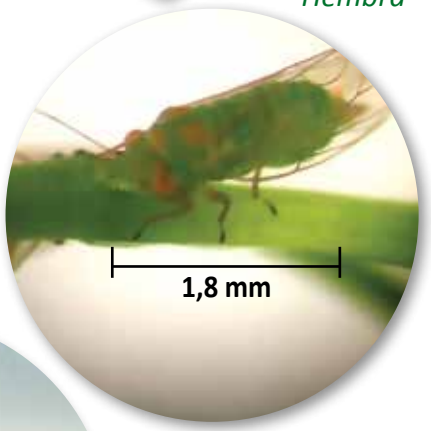
A partir de los estudios de Muddiman *et al*. (1992) sobre la biogeografía del género *Heteropsylla*, se reporta en Cuba la existencia de cinco especies (*H. cubana, H. distincta, H. mimosae, H. propinqua* y *H. puertocoricoensis*). Este conocimiento, en conjunto con el polimorfismo detectado que caracteriza a las poblaciones del insecto, indujo al estudio taxonómico de psílidos asociados al cultivo de *L. leucocephala* (Valenciaga *et al*. 2004). Los resultados corroboraron que *H. cubana* es la única especie del género asociada a esta leguminosa arbórea y, que es el insecto fitófago predominante en áreas de *L. leucocephala* (Valenciaga *et al*. 2004) (Figura 2).

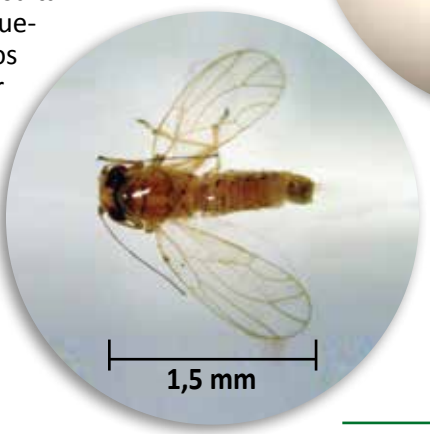
Investigaciones posteriores realizadas durante cuatro años en sistemas silvopastoriles con predominio de leucaena-guinea, ratifican al psílido *H. cubana* como el principal fitófago del cultivo, con proporciones superiores al 60 % en la época de lluvia y 80% en la seca, con diferencias estadísticamente significativas ($P<0.001$) (Valenciaga *et al*. 2010).

Figura 2. Psilido *H. cubana* en un tallo de leucaena.









El estudio biológico del insecto en condiciones de Cuba (Valenciaga *et al*. 2004), permitió determinar las diferencias morfológicas entre los estados de desarrollo del fitófago (Figura 3), así como describir la duración de su ciclo vital (Tabla 1). El ciclo biológico de huevo a adulto, bajo las condiciones del trópico húmedo, es de 17 días en promedio (Tabla 1). Este aspecto, es de notable importancia para perfeccionar las metodologías de muestreo, así como prever la explosión poblacional del insecto. La amplitud de los ciclos varía de un año a otro, dado el carácter cíclico de sus infestaciones. Este hecho provoca que el insecto aparezca con diferente intensidad entre años. Resultados similares fueron obtenidos en Malasia por Guan-Soon *et al*. (1990).

Figura 3. Estados de desarrollo de *H. cubana* en condiciones de laboratorio.

Tabla 1. Tamaño y duración del desarrollo de *H. cubana* en plántulas de *L. leucocephala* en condiciones de laboratorio. (Media, mínimo (Mín), máximo (Máx) y desviación estándar (DE)) (Tomada de: Valenciaga *et al*. 2004).

FASES	DURACIÓN (DÍAS)			TAMAÑO (MM)				MUESTRAS (N)
	MÍN.	MÁX.	MEDIA ± DE	MÍN.	MÁX.	MEDIA		
						LARGO ± DE	ANCHO± DE	
Huevo	1.0	4.0	2.9 ± 0.9	0.58	0.7	0.6 ± 0.04	0.3 ± 0.02	600
Ninfa 1	0.5	1.5	1.0 ± 0.32	0.58	0.7	0.6 ± 0.04	0.3 ± 0.02	570
Ninfa 2	0.5	1.5	1.0 ± 0.34	0.78	0.9	0.8 ± 0.04	0.4 ± 0.02	456
Ninfa 3	0.5	1.5	1.0 ± 0.29	0.98	1.1	1.0 ± 0.04	0.3 ± 0.02	319
Ninfa 4	2	3	2.4 ± 0.5	1.18	1.3	1.2 ± 0.04	0.3 ± 0.02	239
Ninfa 5	2	3	2.5 ± 0.5	1.38	1.45	1.4 ± 0.04	0.3 ± 0.02	167
Adulto ♀	2	15	6.1 ± 3.2	1.3	2.1	1.8 ± 0.2		80
Adulto ♂	2	16	7.0 ± 3.5	1.2	1.75	1.5 ± 0.2		85
				TEMPERATURA MEDIA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)		
				MEDIA ± DE		MEDIA ± DE		
Ciclo de vida	14	18	16.3±1.76	26.8 ± 2.0		64.5 ± 4.7		
(huevo-adulto)	16	18	17.0 ± 1.00	22.0 ± 1.7		66.7 ± 4.6		

En cuanto a sus estados de desarrollo, se encontró que las oscilaciones naturales de la población, tanto en huevos, ninfas y adultos de *H. cubana* se comporta de forma similar, con un incremento en los primeros años en la cantidad de huevos/m^2 (Figura 4). Los picos poblacionales anuales, se agudizan a finales de la época de lluvia y principios de la seca (octubre-diciembre), condicionado por los factores bióticos y climáticos (Valenciaga *et al*. 2005).

Las temperaturas mínimas sobre los 20°C, frecuentes en los últimos meses del año, favorecen su desarrollo. Estos resultados corresponden con la investigación llevada a cabo por Elder en 2002, quien plantea que la temperatura, junto con la humedad relativa, constituyen los factores principales que regulan las poblaciones del psílido. También se ha comprobado que cuando preceden veranos lluviosos, la intensidad poblacional de *H. cubana* es aún mayor (Valenciaga 2003).

Debe destacarse que este comportamiento está íntimamente relacionado con las características de cada agroecosistema (diversificación biológica y años de explotación) (Valenciaga *et al*. 1999, Valenciaga & Mora 2002).

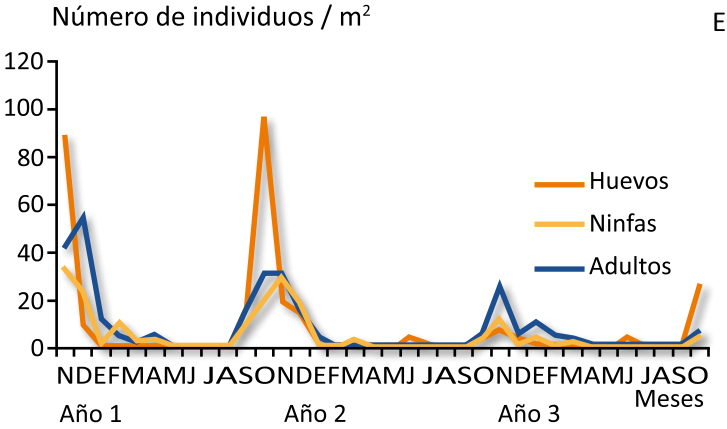


Figura 4. Oscilaciones poblacionales de huevos, ninfas y adultos de *H. cubana*. Unidad muestreal: cuadrante.

El daño ocasionado por este insecto lo causan las ninfas y adultos al succionar la savia en los cogollos y hojas jóvenes de leucaena (Valenciaga 2003). Las ninfas, en sus primeros estadios, raspan las hojas, las que se tornan amarillas o cloróticas. En períodos de máxima incidencia, los psílidos ocasionan enrollamiento y marchitez, y en casos de ataques severos, puede ocurrir defoliación de la planta (Valenciaga *et al*. 2018).

Además, durante el establecimiento del cultivo de leucaena, la máxima incidencia del insecto puede llegar a provocar retraso en el desarrollo de las plantas (Barrientos 1987), como consecuencia del ataque centrado en las zonas de crecimiento. Esto también genera pérdidas en el rendimiento de materia seca que puede alcanzar hasta el 60% en plantaciones de leucaena expuestas de forma natural al ataque del insecto (Barrientos *et al*. 1991). Asimismo, en ausencia de sus enemigos naturales, *H. cubana* es capaz de provocar la defoliación total de *L. leucocephala* y, por consiguiente, afectar el rendimiento de la planta, retrasar su crecimiento y disminuir su capacidad de rebrote.

Por otro lado, este insecto tiene como característica la emisión de exudados durante todos sus estados móviles, es decir, toda la fase ninfal y el período de vida adulta. Estos exudados atraen hormigas y promueven el crecimiento de microorganismos, como es el caso de los hongos *Capnodium* spp. o *Meliola* sp. (Dothideales: Capnodiaceae), causantes de la fumagina, la cual le da una apariencia negruzca a las yemas terminales donde habita el psílido y, como resultado de ello, puede ocasionar daños fisiológicos (Valenciaga *et al*. 2018).

De acuerdo a la tecnología desarrollada por Ruiz *et al*. (1990), se recomienda el intercalamiento de cultivos de ciclo corto (maíz, vigna, sorgo de grano, entre otros), en el establecimiento de leucaena. Lo anterior, se emplea como método alternativo para reducir la competencia que se establece con las arvenses, a la vez que incentiva la limpieza, y logra un uso más eficiente de la tierra (Figura 5). Además, esto puede influir en una retribución en los costos de establecimiento mediante la venta de producción de grano (Ruiz *et al*. 1999).

Figura 5. Plantas de maíz intercaladas con *L. leucocephala*.

Al respecto, investigaciones conducidas por Valenciaga & Mora (1997), quienes estudiaron la presencia de insectos durante el establecimiento de *L. leucocephala* intercalada con maíz (*Zea mays* L.) en dos momentos a partir de la siembra (15 y 40 días) (Figura 6), indicaron que, a pesar del intercalamiento de esta especie, 15 días después de la siembra, colectaron una población mayor de insectos totales en comparación con el cultivo intercalado a los 40 días. En ambos momentos se constató la presencia de individuos de *H. cubana* y otras especies (fitófagas y biorreguladoras), sin ocasionar daños económicos, ni al maíz, ni a la leucaena, durante su establecimiento. Además, en condiciones de intercalamiento, se logró un uso más eficiente de la tierra.

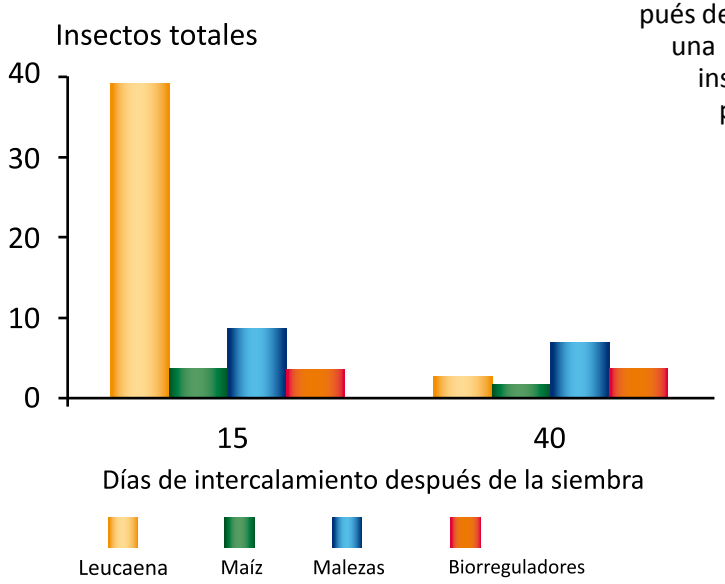


Figura 6. Incidencia de insectos en diferentes momentos de intercalamiento después de la siembra.

Según estudios de Valenciaga *et al*. (1999), los insectos presentes en el agroecosistema se concentran en las malezas asociadas que sirven de reservorios de insectos plaga y biorreguladores. De esta manera, se logra un mejor equilibrio biológico que se establece al incrementarse la biodiversidad.

El intercalamiento de leucaena con la planta vigna (Fabaceae) (Tabla 2), también favorece la presencia de biorreguladores en el sistema, lo que produce un efecto similar al reportado por Valenciaga & Mora (2000), pues disminuye el daño producido por el psílido *H. cubana* a las plantas de leucaena durante la fase del establecimiento.

Tabla 2. Porcentaje de incidencia de insectos plagas y biorreguladores en dos sistemas productivos durante el período experimental (cuatro meses).

ÁREA	ORGANISMOS	PROPORCIÓN TOTAL, %
Leucaena + maíz	Insectos-plaga	34.0b
	Biorreguladores	3.0c
Leucaena + vigna	Insectos-plaga	61.0a
	Biorreguladores	2.0c

abc: Valores con letras no comunes difieren significativamente a P<0.05 (Test de Duncan)

El estudio de la disposición espacial y temporal mostró que *H. cubana* tiende a la agregación (Martínez-Machín *et al*. 2002, Valenciaga & Mora 2002), característica que manifiestan la mayoría de los insectos (Taylor 1984; González-Babón & Romero 2001). Con relación a la planta, el arreglo espacial del psílido está determinado por la fenología del cultivo, indistintamente de su ubicación cardinal (N, S, E, O). De esta manera, *H. cubana* es hallada de acuerdo a la brotación vegetativa foliar, recurso indispensable para la supervivencia del organismo. Las plantas donde la brotación es masiva constituyen el hábitat donde se concentran cientos y miles de huevos, ninfas y adultos de este insecto.

Enemigos naturales de H. cubana

Entre los depredadores de *H. cubana*, se destacan diversas especies de hormigas como *Wasmannia auropunctata* (Roger), *Pheidole megacephala* (F.), T*etramorium bicarinatum* (F.), y *Dorymyrmex insularis* (L.)) y arañas *Leucauge argyra* (Walckenaer), *Peucetia viridans* (Hentz), y *Misumenops bellulus* (Banks), nuevos hallazgos para la región Neotropical, con la excepción de la santanilla (*W. auropunctata*), que es nuevo registro para Cuba (Valenciaga 2003). También se suman los coccinélidos (*Chilocorus cacti* L. y *Diomus bruneri* Chpn.) y el león de los áfidos (*Chrysoperla* sp.) (Neuroptera: Chrysopidae) (Barrientos 1987, Pazos 1989, Valenciaga *et al*. 1999, Valenciaga 2000). La lista de fauna benéfica asociada a los sistemas silvopastoriles leucaena-guinea en condiciones de Cuba, continuó su actualización en los trabajos de Valenciaga *et al*. (2010) y Alonso *et al*. (2011) con el registro de los coccinélidos *Coleomegilla cubensis* L., *Cycloneda sanguinea* L., *Cycloneda sanguinea limbifer* Casey, *Coccinella maculata* (De Geer), y los himenópteros calcídidos (*Spilochalsis femorata* Fab.) y los bracónidos (*Apanteles* sp.). En los trabajos realizados en el Instituto de Ciencia Animal-ICA, se evidenció que existe una permanencia activa de fauna benéfica en áreas de *L. leucocephala* (Figura 7). Esto podría constituir el factor biótico de mayor importancia en la regulación de las poblaciones de *H. cubana*. La regulación se incrementa, con el aumento de la biodiversidad vegetal y con el tiempo de explotación del sistema silvopastoril (Valenciaga *et al*. 1999; Lazo *et al*. 2007). En consecuencia, el psílido puede incrementar sus poblaciones en agroecosistemas menos biodiversos (Valenciaga & Mora 2002).

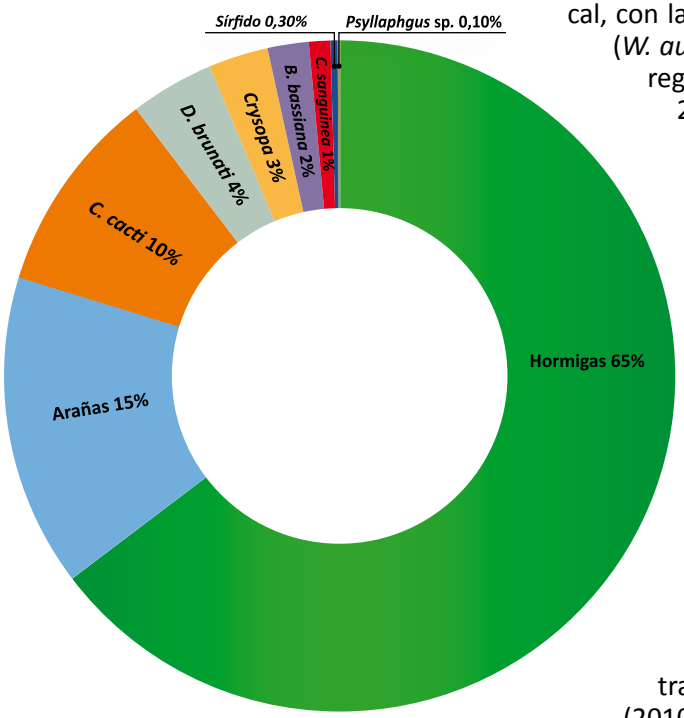


Figura 7. Organismos biorreguladores asociados a *H. cubana* en *Leucaena leucocephala.*

Miranda *et al*. (2007) modelaron la interacción presa (*H. cubana*), dos depredadores (*Chilocorus cacti* (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), dos organismos frecuentes y abundantes que se encuentran asociados a los sistemas silvopastoriles de leucaena-guinea en Cuba (Figura 8). Los autores sugieren que resulta viable realizar liberaciones de estos organismos como método de control biológico del psílido, en caso de incrementos poblacionales que representen pérdidas económicas para el cultivo.

Figura 8. Organismos depredadores.
Arriba, *Chrysoperla* sp. Abajo, *Cycloneda sanguinea* en leucaena.

Se observa un incremento de especies depredadoras del psílido *H. cubana*, en la medida que avanza el tiempo de explotación del sistema silvopastoril. Esta proporción favorable a la fauna beneficiosa se alcanza de manera progresiva y evita que el fitófago alcance umbrales perjudiciales, logrando estabilidad en el sistema (Valenciaga & Mora 1997).

Otras investigaciones reafirman esta aseveración al demostrar que, a medida que se incrementa el tiempo de explotación del sistema silvopastoril leucaena-guinea, se incrementa la biodiversidad y con ello, la convivencia de artrópodos biorreguladores (Alonso *et al*. 2005). Además, se considera que la asociación de aves en conjunto, impiden que se eleven las poblaciones de organismos fitófagos y, por ende, sus niveles de infestación y daño (Lazo *et al*. 2007).

Por tanto, se debe propiciar la conservación de los enemigos naturales como principio básico para mantener niveles bajos de *H. cubana*. También el uso de hongos entomopatógenos como *Lecanicillium lecanii= Verticillium lecanii* y *Beauveria bassiana*, resultan efectivos en el control del psílido de la leucaena (Barrientos 1993, Valenciaga 2000) y, sólo se justifica la aplicación de insecticidas en casos graves de infestación. Para esto, se aconseja el empleo de piretroides de alta efectividad como deltametrín, a una dosis muy baja (0.004 kg sustancia activa/ha) y de forma muy dirigida (Barrientos *et al*. 1991).

Dada la importancia de *L. leucocephala* como planta proteica para la ganadería y al ser señalada como especie exótica invasora, Fernández (2014) realizó un estudio de la diversidad de artrópodos asociados a la leucaena arbórea en diversos agroecosistemas. En su investigación, se registra por primera vez para Cuba a *Diachus auratus* (Fabricius 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae), especie capturada en sistemas silvopastoriles de leucaena-guinea sobre el follaje de la leguminosa. Esta diversidad de grupos zoológicos (artrópodos) según su abundancia y riqueza, es menor en áreas de monocultivo.

Conclusión

La valoración integral de todo el sistema demuestra que leucaena bajo un manejo adecuado, logra mantener un equilibrio favorable entre los artrópodos asociados (especies fitófagas y biorreguladoras) lo que propicia el desarrollo adecuado del pasto base y la arbustiva, y aparece en menor cuantía las arvenses oportunistas, por lo cual la leucana, no se comporta bajo este manejo, como una especie invasora. El comportamiento agronómico y la evolución del agroecosistema en el tiempo realizado en este estudio por Ruiz *et al*. (2018) así lo demuestra y lo avalan estudios en regiones en Colombia por Calle *et al*. (2011) y en Australia por Shelton (2017). Contar con las bases teóricas para el manejo de *Heteropsylla cubana* bajo un sistema silvopastoril de leucaena-guinea en condiciones de Cuba ha permitido continuar utilizando a *L. leucocephala*, como árbol multipropósito, en virtud de los beneficios que brinda a la ganadería cubana. Se recomienda tomar como guía estos resultados para establecer el manejo fitosanitario del psílido en otros países del trópico americano.

Fotografías

Carolina Giraldo: Figuras 2, 3, páginas 86, 87, 88 y 89.
Leidy Salamanca: Figura 8.
Nurys Valenciaga: Figuras 5 y 8.
Carlos Pineda: Figura 1.

Literatura citada

Alonso, J., Valenciaga, Nurys., Achang, G., Mora, C. 2005. Study of the arthropods associated with a silvopastoral system leucaena-guinea grass in different exploitation times. Cuban Journal of Agricultural Science, 39(2): 217-221.

Alonso, O., Lezcano, J. C., Suris, Moraima. 2011. Composición trófica de la comunidad insectil en dos agroecosistemas ganaderos con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Panicum máximum* Jacq. Pastos y Forrajes, 34(4): 433-444.

Barrientos, A. 1987. Plagas y enfermedades. En: Ruiz, T. E., Febles, G. (Eds.). Leucaena, una opción para la alimentación bovina en el trópico y el subtrópico. EDICA, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 167-175p.

Barrientos, A. 1993. Efectividad de diferentes cepas de *Verticillium lecanii* contra *Heteropsylla cubana* en Leucaena leucocephala. Informe interno, Instituto de Ciencia Animal. 6p.

Barrientos, A., Ruiz, T. E., Febles, G., Castillo, E., Mora, C. 1991. Una nota sobre la utilización de tres insecticidas en el control de *Heteropsylla cubana* Crawford (Hom.: Chermidae) en *Leucaena leucocephala*. Revista cubana de Ciencia Agrícola, 25: 207.

Calle, Z., Murgueitio, E., Giraldo, C., Ospina, S. D., Zapata, A., Molina, C.H., Molina, E.J., Chará, J.D., Uribe, F., Reyes, K. 2011. La leucaena *Leucaena leucocephala* no se comporta como una planta invasora en Colombia. Ganadería y Ambiente. Carta Fedegán 127: 70 - 80. Disponible en: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes

Elder, R. 2002. Leucaena psyllid in Leucaena. The Bug wood Network and USDA Forest Service. The University of Georgia. Warnell School of Forest Resources and College of Agricultural and Environmental Sciences. Department of Entomology (http://www.fao.org/edu/re/index.html) (consulta: 23/7/2002).

Fernández, I. 2014. Primer registro de *Diachus auratus* (Fabricius 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae) en Cuba. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 54: 405–406.

Geiger, C. A., Gutiérrez, A. P. 2000. Ecology of *Heteropsylla cubana* (Homoptera: Psyllidae): Psyllid damage, tree phenology, thermal relations, and parasitism in the field. Environmental Entomology, 29(1): 76–86.

González–Babón, J., Romero, C. 2001. Aggregation of partial ordinal rankings. An interview goal programming approach. Computers & Operations Research, 28: 827 – 34

Guan-Soon, L., Chai-Ling, T., Choi-Chee, W. 1990. Studies on Leucaena psyllid in Malaysia. In: Napompeth, B., Mac Dicken, K.G. (Eds.). Leucaena Psyllid: Problem and management. Proceeding of on International Workshop held in Bogor, Indonesia. 28p.

Hughes, C. E. 1998. Leucaena. Manual de recursos genéticos. Tropical Forestry, 37: 23-25.

Lazo, J. A., Valenciaga, N., Sampaio, R. A., Leite, G., Leão, D. 2007. Diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 42(12): 1667-1674.

Martínez-Machín, L., Valenciaga, N., Ruiz, T. E., Mora, C., Noda, A. 2002. Disposición espacial y temporal de la *Heteropsylla cubana* (Crawford) en un área de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en pastoreo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 36(1): 3-6.

Miranda, I., Herrera, D., Valenciaga, N., López, M., Fernández, M. 2007. Modelación de la interacción presa-dos depredadores para el sistema *Heteropsylla cubana – Chilocorus cacti - Chrysoperla* sp. Revista Cubana Ciencia Agrícola, 41(4): 313.

Muddiman, S. B., Hodkinson, I. D., Hollis, D. 1992. Legume-feeding psyllids of the genus *Heteropsylla* (Homoptera: Psylloidea). Bulletin of Entomological Research, 82: 73-117.

Pazos, R. 1989. Plagas, enfermedades y malezas en pastos. Documento de campo. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAGRIC. 41 p.

Ruiz, T. E., Febles, G., Jordán, H., Castillo, E., Zarragoitia, L., Díaz, J., Crespo, G., Ramírez, R. 1990. Tecnología de explotación de bancos de proteína de leucaena para hembras en desarrollo y producción de leche y carne. Conferencia. Seminario Científico Internacional XXV Aniversario Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 186p.

Ruiz, T. E., Febles, G., Castillo, E., Jordán, H., Crespo, G., Valenciaga, N., Díaz, H. 1999. La experiencia cubana en la agricultura y manejo de *Leucaena leucocephala*. En: Curso teórico-práctico "Sistemas silvopastoriles, una opción para la producción animal sostenible". Universidad de Colima. CUIDA. FMVZ. ICA-Cuba. Colima, México. 34-46p.

Ruiz, T. E., Alonso, J., Valenciaga, N., Febles, G., Lok, S., Galindo, J., Díaz, H., López, A. 2018. Relation between management and leucaena (*Leucaena leucocephala*) to prevent its transformation into an invasive plant. Cuban Journal of Agricultural Science, 52(1): 87.

Schultze-Kraft, R. 1994. El Psyllid de Leucaena también puede ser un problema en América Tropical. Pasturas tropicales CIAT, 16(2): 48.

Shelton, H. M., Jones, R. J. 1995. Opportunities and limitations in leucaena. In: H. M. Shelton, C.M. Piggin, J.L. Brewbaker (Eds.). Leucaena opportunities and limitations. Proceeding of a workshop held in Bogor, Indonesia. Proceeding 57. 16p.

Shelton, H. M. 2001. Advances in forage legumes: Shrub legumes. Conference. In: XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry Sociedade Brasileira de Zootecnia. São Pedro, São Paulo, Brasil.

Shelton, M. 2017. Seven decades of leucaena in Australia: What we have achieved. In: Chará, J., Peri, P., Rivera, J., Murgueitio, E., Castaño, K. Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. CIPAV. Cali, Colombia. Fundación CIPAV. 367-377p.

Showier, A. T. 1995. Leucaena Psyllid, *Heteropsylla cubana* (Homoptera: Psyllidae), in Asia. American Entomologist, 41(1): 49–54.

Taylor, L.R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distribution of insect's populations. Annual Review Entomology, 29: 321-357.

Valenciaga, N. 2000. Determinación y uso de entomófagos y entomopatógenos en el control de *Heteropsylla cubana* plaga en *Leucaena leucocephala*. Informe final de Proyecto. PRCT Incremento de la eficiencia reproductiva y productiva de la ganadería vacuna. ICA, La Habana, Cuba. 24p.

Valenciaga, N. 2003. Biología, ecología y base teórica para establecer las alternativas de manejo de *Heteropsylla cubana* Crawford (Hemiptera: Psyllidae) en *Leucaena leucocephala* Lam de Wit. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba. 96 p.

Valenciaga, N., Barrientos, A., Mora, C. 1999. Comportamiento de la entomofauna beneficiosa en áreas de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 33(3): 339.

Valenciaga, N., Mora, C. 1997. Estudio de la incidencia de insectos en una siembra de *Leucaena leucocephala* intercalada con maíz en dos momentos a partir de la siembra. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 31(2): 161.

Valenciaga, N., Mora, C. 2000. Estudio poblacional de insectos en siembras de leucaena intercalada con maíz (*Zea mays*) y vigna (*Vigna unguiculata*). Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 34 (1): 85.

Valenciaga, N., Mora, C. 2002. Estudio de la población de insectos en un área con *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit y diferentes combinaciones de plantas arbóreas bajo condiciones de pastoreo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 36(3): 303.

Valenciaga, N., Mora, C. 2005. Determination of the noxiousness coefficient of the psyllid *Heteropsylla cubana* in insectarium conditions. Cuban Journal of Agricultural Science, 39(1): 91.

Valenciaga, N., Fernández, M., Mora, C. 2004. Taxonomical and biological study of *Heteropsylla* cubana Crawford, phytophagous insect of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Cuban Journal of Agricultural Science, 38(3): 297.

Valenciaga, N., Flores, L., Martínez-Machín, L., Mora, C. 2005. Space and time dynamics of Heteropsylla cubana in sowings of Leucaena leucocephala. Cuban Journal of Agricultural Science, 39(2): 223.

Valenciaga, N., Herrera, M., Mora, C., Noda, A. 2010. Assessment and determination of infestation levels of phytophagous insects in a leucaena-guinea grass agroecosystem. Cuban Journal of Agricultural Science, 44(3): 309.

Valenciaga, N., Barrientos, A., Alonso, O., Herrera, M., Lezcano, J.C., Delgado, A. 2018. Plagas y enfermedades. En: Ruiz, T.E., Febles, G.J., Lok, S. (Eds.). Experiencia en el manejo de *Leucaena leucocephala* para la producción animal en Cuba. EDICA, San José de las Lajas, Cuba. 165-184p.

Waage, J., Huxley, P.A. 1990. Leucaena psyllid: is this deadly pest on its way to Africa? Agroforestry Today, 2 (3): 13-14.

CAPÍTULO 9

Evaluación de métodos agroecológicos para el manejo del barrenador de las meliáceas Hypsipyla grandella (Lepidoptera: Pyralidae) en la Reserva Natural El Hatico, Valle del Cauca, Colombia

Karen Castaño-Quintana[1,2]
Adriana Giraldo-Sanchez[1]
Enrique Murgueitio-Restrepo[1]
Zoraida Calle[1]
Carlos Hernando Molina Durán[1]
Juan José Molina[1]
James Montoya-Lerma[2]

[1]Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.
[2]Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
karen@fun.cipav.org.co

Resumen

La caoba *Swietenia macrophylla* es un árbol nativo de Centro y Suramérica que se destaca por la excepcional calidad y el alto valor comercial de su madera y se encuentra en peligro crítico de extinción en Colombia. El crecimiento de los árboles de esta especie se ve afectado por un insecto conocido como el barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella*), que provoca daños de tal severidad en los árboles y plantaciones, que se considera la principal plaga forestal de América Latina y El Caribe. Con el fin de cuantificar el nivel de infestación del barrenador y la efectividad de algunos métodos de control, se evaluó el ataque de *H. grandella* entre 2014 y 2016, en cercas vivas de este árbol en la Reserva Natural El Hatico, situada en El Cerrito, Valle del Cauca. Se liberaron avispas parasitoides de los géneros *Cotesia* y *Trichogramma*, así como de crisopas depredadoras del género *Chrysoperla*. También se hizo control mecánico mediante podas de las ramas afectadas. Es importante mencionar que las caobas habían sido plantadas en asocio con árboles de otras especies para tener una mayor heterogeneidad en las cercas vivas, siguiendo las pautas del manejo agroecológico que caracteriza a la Reserva Natural El Hatico, donde no se utilizan plaguicidas de síntesis química. Los resultados sugieren que la liberación de enemigos naturales y las podas periódicas y frecuentes, contribuyen a la reducción del ataque de *H. grandella* a los árboles de caoba. Sin embargo, la afectación de más del 68% de las caobas ratifica la gravedad de la plaga y plantea la necesidad de hacer más estudios con el fin de identificar métodos de control eficientes en sistemas agroecológicos.

Introducción

El barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidóptero: Pyralidae) es una polilla cuyas larvas (estado inmaduro) perforan galerías en las ramas nuevas de los árboles de la familia Meliaceae, con especificidad en las especies de la subfamilia Swietenioideae tales como los cedros (género *Cedrela*) y las caobas (género *Swietenia*) (Howard & Merida 2007, Santos *et al.* 2015). Al excavar los tejidos en los brotes terminales de un árbol, la actividad del barrenador induce la ramificación del fuste y el daño de las ramas, reduciendo de esta forma el valor comercial del árbol afectado (Figura 1).

Figura 1. Daño ocasionado por el barrenador de las meliáceas *H. grandella* en un árbol de caoba en El Hatico.

Varios autores consideran que este barrenador es la principal plaga forestal en América Latina y el Caribe (Madrigal 2003, Pineda 2014, Macías-Sábano 2001, De Magalhaes 2010) y el factor que más limita el éxito de plantaciones de caoba y cedro (Vargas *et al.* 2001). Ambos árboles son susceptibles al ataque de la polilla durante los primeros seis años de crecimiento, cuando la formación de rebrotes tiernos favorece la infestación por *H. grandella* (Briceño 1997, Calixto 2013).

Por otra parte, la caoba *Swetenia macrophylla* King (Sapindales: Meliaceae) es la especie maderable más codiciada del Neotrópico. Su madera, considerada como una de las más preciosas del mundo (Figura 2), se destaca por su trabajabilidad, durabilidad y calidad (Pacheco 2013) y se emplea en la fabricación de muebles, enchapados finos, ebanistería de lujo y en la elaboración de instrumentos musicales y artesanías (Cárdenas & Salinas 2007).

Figura 2. Madera de caoba obtenida a partir de podas de árboles en los sistemas silvopastoriles intensivos de la Reserva Natural El Hatico.

Sin embargo, la sobreexplotación de esta especie (Pacheco 2013, Cárdenas & Salinas 2007), ha ocasionado una importante reducción de las poblaciones nativas y los árboles semilleros (Navarro 2015).

En Colombia *S. macrophylla* ha sido categorizada en peligro crítico nacional (Cárdenas & Salinas 2007), y desde el año 2002, las poblaciones de esta especie se incluyeron en el apéndice II de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro de Extinción, por sus siglas en inglés).

La caoba se distribuye desde México hasta Brasil y Bolivia (Figueroa 1994) con un rango altitudinal entre 0 y 1400 m.s.n.m. Según Lamb (1966), la caoba alcanza su desarrollo óptimo en condiciones de bosque seco tropical, con precipitación anual entre 1000 y 2000 mm, y temperatura promedio anual de 24°C, aunque también se encuentra en los bosques húmedos (Gillies *et al.* 1999). En Colombia se distribuye por debajo de los 700 m de altitud (Pennington *et al.* 1981), en las regiones Caribe, Pacífico y en el valle del río Magdalena.

La plantación de caoba en monocultivo y en altas densidades favorece el ataque del barrenador de las meliáceas y afecta el establecimiento, el desarrollo y la supervivencia de los árboles. Varios estudios sugieren que en condiciones naturales, la densidad de los árboles de esta especie es del orden de un individuo por hectárea o menos, aunque también se han registrado densidades hasta de ocho árboles por hectárea (Gillies *et al.* 1999, Navarro 2015). Al parecer, las poblaciones de caoba pueden persistir a pesar de las densidades típicamente bajas, siempre que existan suficientes árboles semilleros (Navarro 2015). Briceño (1997) y Hilje & Cornelius (2001), consideran que las bajas densidades hacen menos probable el ataque de las polillas de *H. grandella* a los árboles de caoba. En su conjunto, estas observaciones sugieren que la siembra debe hacerse en muy bajas densidades y en combinación con otras especies vegetales (Calle & Murgueitio 2009).

Por otro lado, la especie S. macrophylla ha sido clasificada como pionera o secundaria inicial, es decir, que requiere de altos niveles de luz para sostener su rápido crecimiento (Grogan *et al.* 2002, Whitmore 1998). Las plántulas y juveniles de esta especie suelen ser escasos en sitios poco iluminados, pero las densidades de plántulas aumentan en los bordes de bosque y claros, donde llega abundante luz al suelo (Negreros-Castillo 1991, Negreros-Castillo & Mize 1994). Las plántulas pueden sobrevivir bajo el dosel por un tiempo, pero necesitan de luminosidad y agua suficiente para crecer en forma rápida (Gerhardt 1996, Grogan *et al.* 2003).

Figura 3. Árbol adulto de caoba en Panamá.

Desde el punto de vista agroecológico, el crecimiento aislado de los árboles de caoba al interior de los bosques ha inspirado el desarrollo de métodos silviculturales para el manejo de las poblaciones de *H. grandella* (Briceño 1997). De esta forma, la imitación de condiciones ecológicas como el bajo número de individuos de meliáceas por hectaréa, puede incidir también en la baja densidad poblacional del insecto barrenador.

Otras técnicas conocidas para manejar las infestaciones de *H. grandella* son los controles biológico y mecánico. El control biológico incluye la liberación de enemigos naturales, que atacan a los estados inmaduros del barrenador, así como la aplicación de microorganismos entomopatógenos, que contaminan al insecto. Se recomienda este método en sistemas productivos agroecológicos, debido a que no genera residuos tóxicos y su efecto es específico, es decir, va dirigido al organismo plaga.

Varios estudios sugieren que organismos parasitoides como las avispas de la familias Braconidae, Ichneumonidae, Chalcididae y Trichogrammatidae, y las moscas de la familia Tachinidae, atacan los huevos, larvas o pupas de *H. grandella* (Briceño 1997, Hilje & Cornelius 2001). Asimismo, se han identificado insectos depredadores como avispas, chinches y arañas, que se alimentan de los huevos y larvas del barrenador.

La poda de las ramas y brotes atacados por el barrenador, así como la extracción de pupas y larvas de los últimos estadíos, son métodos de control mecánico que evitan la acción del barrenador de las meliáceas (Briceño 1997). Este tipo de control también es empleado en sistemas agroforestales de base agroecológica debido a que no genera efectos negativos sobre el medio ambiente.

Este trabajo documentó el patrón temporal del ataque de *H. grandella* en caobas plantadas sobre líneas en un sistema ganadero con un manejo agroecológico. Se evaluó también la efectividad de algunos métodos de control biológico y mecánico para el manejo del barrenador.

Materiales y métodos

Zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural El Hatico, localizada en el municipio de El Cerrito (3°27’ de latitud N y 76°32’ de longitud O; Valle del Cauca, Colombia), a una altura de 956 m.s.n.m. (Figura 4). Este predio es un mosaico heterogéneo de hábitats con una extensión de 288 hectáreas, que incluyen sistemas silvopastoriles (140 ha), caña de azúcar de manejo orgánico (100 ha), guaduales o bosques de *Guadua angustifolia*, nativos y cultivados (25 ha), bosque maduro (14 ha) y secundario (2 ha), árboles frutales (4 ha), un pequeño corredor biológico y aproximadamente 40 kilómetros de cercas vivas (Molina *et al.* 2012).

El Hatico es una empresa familiar que ha producido leche y caña de azúcar con certificación orgánica durante más de dos décadas, lo cual excluye el uso de productos de síntesis química.

Figura 4. Ubicación de la zona de estudio.

Cercas vivas con árboles de caoba

En abril de 2013, se plantaron 190 caobas sobre franjas situadas en tres sectores (1, 2, 3). Las plántulas de caoba provenían de las semillas de grandes árboles que crecen en El Hatico desde hace 40 años y que a su vez proceden de Venezuela. En total, se evaluaron 16 franjas lineales, con longitudes entre 90 y 207 m (Figura 5). Los patrones de crecimiento y sobrevivencia de estos árboles se describen en Calle *et al.* 2017.

Sobre cada franja se plantaron en promedio 12 árboles de caoba a una distancia de tres metros entre individuos (Figura 5) e intercalados con árboles y arbustos de yopo pelú (*Mimosa trianae* Benth (Fabales: Mimosaceae), botón de oro (*Tithonia diversifolia* A. Gray (Asterales: Asteraceae) y veranera (*Cratylia argntea* (Desv.) Kuntze (Fabales: Fabaceae).

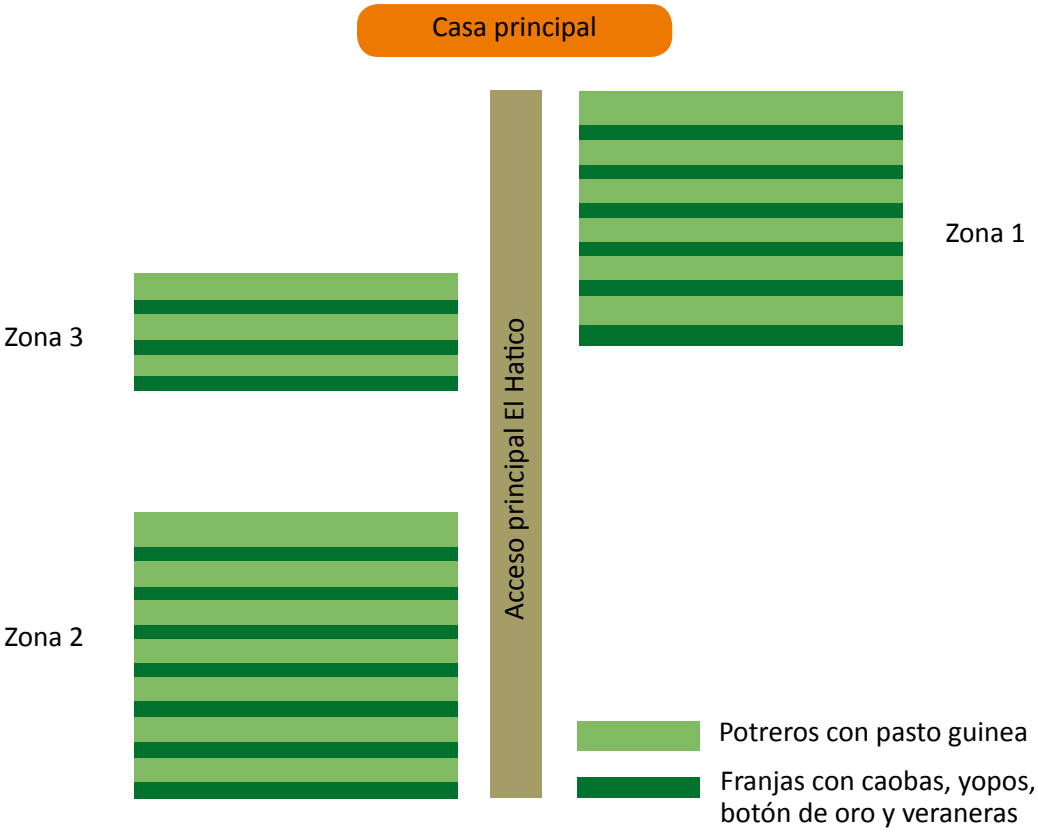


Figura 5. Distribución de los árboles de caoba en franjas lineales.

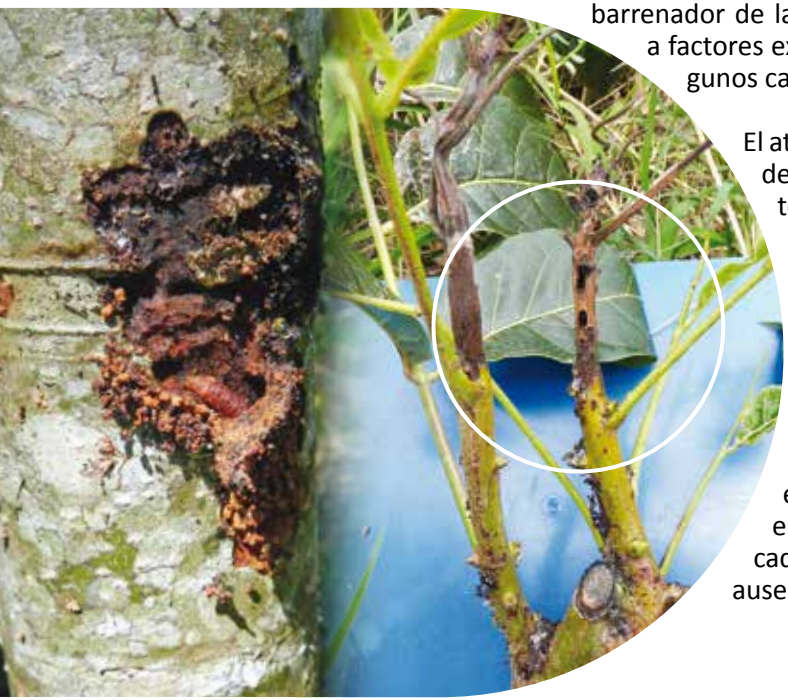
Las especies acompañantes de las caobas se seleccionaron buscando la complementariedad funcional. El yopo y la veranera fijan nitrógeno. El botón de oro contribuye a solubilizar el fósforo en el suelo, además de ofrecer néctar y polen a los enemigos naturales de los insectos herbívoros y forraje al ganado (Murgueitio *et al.* 2015).

Todos los árboles se marcaron con una etiqueta numerada, sostenida por un anillo de alambre en la parte basal.

Figura 6. Franja de árboles de caoba y yopo. Reserva Natural El Hatico, El Cerrito (Valle del Cauca).

Seguimiento de los árboles de caoba

Se hicieron seis visitas por año entre julio de 2014 y noviembre de 2016. En cada una de ellas se registró el estado de todas las caobas, la presencia o ausencia de ataque del barrenador de las meliáceas, el daño debido a factores externos, la herbivoría y en algunos casos, la mortalidad del árbol.



El ataque por *H. grandella*, se evidenció a través de los siguientes síntomas: presencia de perforaciones en las ramas (Figura 7), marchitez de las ramas apicales (Figura 8), ramas secas o residuos de excavación (Figura 9). Estos residuos son restos de material vegetal y/o de heces que las larvas de *Hypsipyla* extraen a través de un orificio en la rama. Las plantas no atacadas fueron identificadas por la ausencia de todos estos síntomas.

Figura 7. Ramas de caoba con perforaciones que indican el ataque del insecto. A la izquierda se observa parte del cuerpo de una larva barrenadora fuera del agujero. Reserva Natural El Hatico, El Cerrito (Valle del Cauca).

Figura 8. El marchitamiento de las ramas apicales de caoba pone en evidencia el ataque del barrenador. Reserva Natural El Hatico, El Cerrito (Valle del Cauca).

Figura 9. Ramas de caoba con desechos acumulados fuera de un tallo perforado por *H. grandella*. Reserva Natural El Hatico, El Cerrito (Valle del Cauca).

Cuando se identificó el ataque de la polilla en un árbol de caoba, se aplicaron los tratamientos que se describen a continuación.

Se aplicaron tres métodos de manejo con el fin de evitar los ataques severos de la polilla a los árboles de caoba: silvicultural, mecánico y biológico (Figura 10).

Manejo Silvicultural	Manejo Mecánico	Control biológico
Asociado con otras especies vegetales	Podas periódicas Extracción manual	Parasitoides: *Trichogramma* sp. y *Cotesia flavipes* Depredadores: *Chrysoperla* sp.

Figura 10. Manejo integrado del barrenador de las meliáceas en la Reserva Natural El Hatico.

Manejo silvicultural. Consistió en plantar las caobas en asociación con otras especies vegetales (yopo, la veranera y el botón de oro), para hacer más heterogéneas las franjas lineales y reducir la proximidad entre las caobas. Se hizo fertilización orgánica, después de las podas, para favorecer el desarrollo de los árboles.

Control mecánico. Las podas de las partes afectadas por el barrenador se hicieron en julio, septiembre, octubre y diciembre de 2014; abril, julio y noviembre de 2015 y en septiembre y octubre de 2016. Se cortaron las ramas en cuyo interior estaba la larva, o se extrajo la larva directamente (Figura 11). Las ramas cortadas se incineraron para evitar la dispersión de la plaga.

Figura 11. Poda de una rama perforada por *H. grandella*.

Control biológico. Se liberaron dos tipos de avispas parasitoides que son conocidas por parasitar larvas y huevos de lepidópteros: *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) y *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), respectivamente. A esto se sumó la acción del insecto depredador *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae).

Las liberaciones se hicieron entre las 7:00 y 9:00 horas. El procedimiento consistió en disponer cilindros o bolsas en cuyo interior se encontraban los organismos benéficos, sobre tres árboles de caoba con señales de infestación, seleccionados aleatoriamente en cada franja (Figura 12).

Para el caso de *Cotesia*, cada cilindro contuvo un gramo de avispas, que corresponde a 1000 adultos aproximadamente, mientras que para *Trichogramma* la bolsa de papel contuvo dos cartulinas, cada una con una pulgada cuadrada de huevos, equivalentes a 2000 individuos por bolsa. Las ninfas de *Chrysoperla*, por su parte, estuvieron en bolsas con 100 individuos aproximadamente, cada una. Las cantidades de organismos benéficos utilizadas en cada caso se basaron en las recomendaciones de las casas comerciales y los programas de control biológico diseñados para cada organismo. Además, en todas las liberaciones se usó una proporción de hembras y machos de 1:1. Una vez dispuesto el cilindro o la bolsa en el árbol, se abrió una parte del contenedor para liberar a los enemigos naturales.

Figura 12. Liberaciones de la avispa *Cotesia flavipes* en árboles de caoba con daño de *H. grandella.*

Las liberaciones se hicieron en dos periodos: segundo semestre de 2014, y agosto-octubre de 2016. En el primer periodo, se liberaron mensualmente los organismos *C. flavipes* y *Chrisoperla*. Sin embargo, a pesar de las recomendaciones profesionales de usar la avispa *C. flavipes* para controlar el barrenador de las meliáceas, no había información suficiente sobre su efectividad en el control de esta plaga. Por esta razón, se hizo un ensayo en condiciones de laboratorio, para medir los porcentajes de parasitismo de *C. flavipes* sobre las larvas de *H. grandella.*

Debido a la limitada disponibilidad de individuos del barrenador de las meliáceas en aquel momento, para el ensayo se dispusieron 10 larvas de *H. grandella* en 10 cajas Petri. De las 10 cajas, cinco se emplearon para evaluar el parasitismo, para lo cual se introdujeron dos avispas hembras de *Cotesia* por caja. En las cinco cajas restantes, se introdujeron larvas del barrenador de la caña de azúcar *Diatraea sacchacaralis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae) (una por caja), como control de parasitismo, dado que *Cotesia* se usa con frecuencia para el control de este barrenador.

En la segunda fase de liberaciones (2016), se emplearon la avispa *Trichogramma* y el depredador *Chrysoperla* como organismos controladores. Ambos organismos fueron liberados en agosto, septiembre y octubre de 2016; algunas franjas se trataron con *Chrysoperla* (Cry) y otras con *Chrysoperla* y *Trichogramma* (Try+Cry).

En todos los casos (2014 y 2016), se liberó el depredador *Chrisoperla* uno o dos días después de la exposición de los parasitoides para evitar la depredación de las avispas por parte de las crisopas. La temporalidad de las acciones de manejo se resume en la Figura 13.

Finalmente, para determinar el efecto de los controles mecánico y biológico, se hicieron monitoreos periódicos (seis por año) de todas las caobas sembradas (190 árboles) con el fin de evaluar el porcentaje de daño de las plantas antes y después de cada control. Además, para determinar la efectividad de la liberación de los enemigos naturales en las franjas, se hicieron tres monitoreos aleatorios al 40% de los árboles en cada periodo de liberación, con el fin de capturar larvas y evaluar el porcentaje de parasitismo ocasionado por los parasitoides liberados en campo.

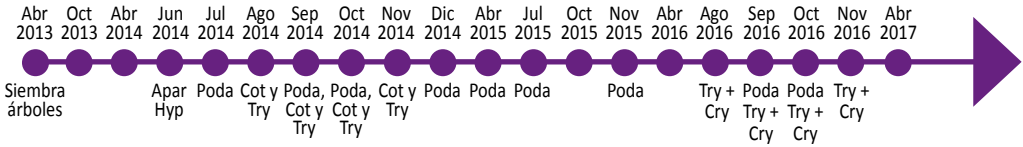


Figura 13. Línea de tiempo de los métodos de control empleados en El Hatico durante los años 2014 a 2016. *Cot y Try: Liberación de los enemigos *Cotesia* y *Trichogramma*, *Try + Cry: Liberación de *Trichogramma* y *Chrisoperla*

Análisis estadísticos

Durante los dos años de monitoreo se hicieron muestreos sistemáticos en 18 visitas. Las unidades de muestreo fueron las franjas donde crecían los árboles de caoba. Para evaluar diferencias en el daño ocasionado por la polilla relacionadas con la ubicación de los árboles, o con el tipo de método empleado para el manejo de *Hypsipyla*, se hicieron análisis de varianza de medidas repetidas. Se usó el programa R Studio versión 3.5.2 y se aplicó una transformación de los datos (raíz cuadrada) para ajustarlos a los supuestos de esta prueba.

Resultados y discusión

Ataque de H. grandella en árboles de caoba

Se registró una supervivencia del 82.1% de los árboles de *S. macrophylla* plantados en el año 2013, quedando un total de 156 caobas a finales de 2016. La mortalidad fue el resultado de factores como los extremos climáticos, el descortezamiento provocado por búfalos de río (*Bubalus bubalis*) y los daños causados por el ganado vacuno y el barrenador de las meliáceas.

El ataque de *H. grandella* se registró por primera vez en 2014, es decir 15 meses después de la siembra de las plántulas de caoba en El Hatico. La frecuencia de los ataques fluctuó durante el primer año (2014) y aumentó en forma notable en el segundo (2015), cuando más del 68% de las caobas resultaron afectadas. No obstante, el número de ataques decreció a finales de 2016 (Figura 14).

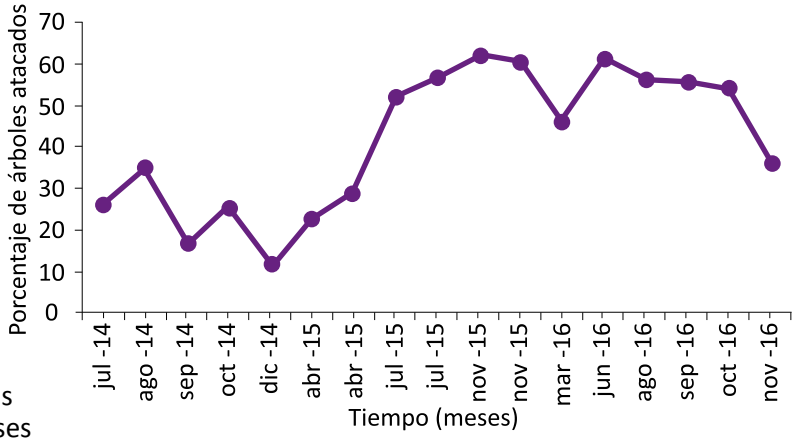


Figura 14. Porcentaje de árboles de caoba atacados por *H. grandella* durante los años 2014 a 2016.

Newton et al. (1998) documentaron un patrón similar en Costa Rica, donde el ataque de *H. grandella* afectó a los árboles de caoba de 12 meses y medio. En sus evaluaciones, el nivel de daño fue bajo al comienzo, luego se disparó y más adelante disminuyó con rapidez. En ese estudio, donde no se intentó controlar el barrenador de las meliáceas, los autores encontraron más de 94% de daño en las caobas provocado por *H. grandella* (Newton et al. 1998), una afectación mayor que la registrada en la Reserva Natural El Hatico (68% de árboles).

El ataque de *H. grandella* fue similar en todos los sitios monitoreados. No se encontraron diferencias significativas en el ataque de los árboles entre franjas (df =17, F =0,528, p =0,938) ni entre los sectores evaluados (df =2, F =2,496, p =0,094).

La cifra de 68% de los árboles de *S. macrophylla* atacados por *H. grandella* durante los dos primeros años de crecimiento, a pesar de haber sido intercalados con otras especies vegetales, pone de relieve la severidad de esta plaga para el cultivo de la caoba. Niveles comparables de daño (del 49% y 53%) fueron registrados en un cultivo similar, en Trinidad, durante los primeros dos años de crecimiento (Ramnarine 1992, Newton *et al.* 1993).

La proporción elevada de árboles atacados por *H. grandella* puede estar relacionada con la alta densidad de árboles plantados en el área de estudio, equivalente a 82 árboles por hectárea, es decir, diez veces más que las mayores densidades naturales registradas (hasta de 8 árboles por hectárea; Navarro 2015).

Teniendo en cuenta la naturaleza extensiva de muchos sistemas ganaderos colombianos, se pueden recomendar bajas densidades de siembra como una medida para evitar la proliferación de las poblaciones locales de *H. grandella.* Los sistemas ganaderos arborizados permiten conservar la caoba porque ofrecen las condiciones de alta luminosidad que requiere esta especie para desarrollar su potencial de crecimiento. La combinación con otras especies valiosas en diseños silvopastoriles diversos podría favorecer la sanidad de los árboles.

Podas de los árboles

Después de aplicar el manejo con podas periódicas de las partes afectadas, se observó una reducción en el porcentaje de árboles afectados (Figura 15), especialmente al final del tratamiento. El trabajo de Briceño (1997) también sugiere que las podas sanitarias (corte del brote principal inmediatamente debajo del tejido dañado), son eficaces para atenuar el efecto del ataque de *H. grandella.* Con esta práctica se eliminan las pupas y larvas de los últimos estadios, evitando así el desarrollo de adultos que podrían atacar a otros árboles.

Aunque la poda estuvo acompañada de una disminución en el daño del barrenador, lo cual sugiere que este tratamiento es efectivo para el manejo de la plaga, es necesario repetir el tratamiento en forma periódica para lograr una reducción de las poblaciones de *H. grandella*.

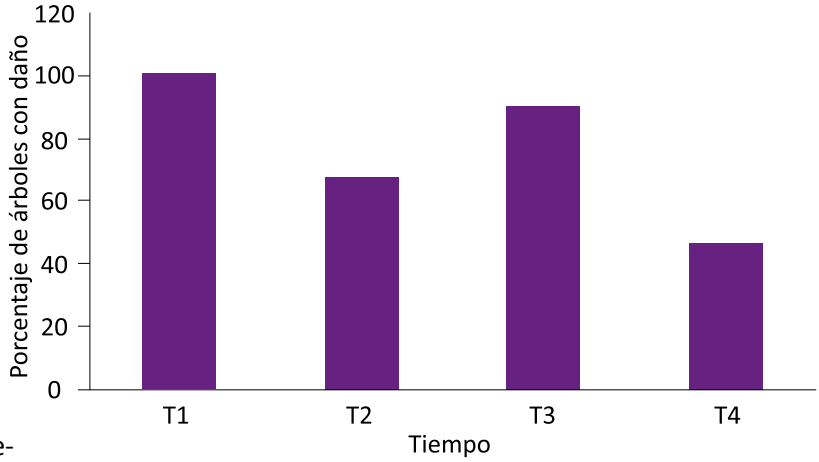


Figura 15. Cambio en el porcentaje de árboles infestados por *H. grandella* después de las podas sanitarias.

Las evaluaciones de este estudio sugieren que cuando las podas no son frecuentes ni periódicas (cada mes o dos), puede ocurrir un aumento súbito en el ataque de *H. grandella*, tal como se observó los primeros meses del año 2015 (Figura 8). Sin embargo, la altura de los árboles dificulta la aplicación de este método. Martínez-Vento *et al.* (2010) comentan que por encima de los 6 m de altura los costos del control mecánico se elevan notoriamente porque el grosor de las ramas exige usar escalera y herramientas especiales.

En nuestro caso, no se hicieron podas en el 24,2% de los árboles porque no fue posible alcanzar las ramas afectadas. Además, la plaga se había alojado a lo largo del tronco, incluso desde la base del mismo. En estos casos, se procedió a raspar la corteza y extraer manualmente las larvas de *H. grandella* (Figura 16).

Figura 16. Extracción manual de las larvas de *H. grandella* desde la corteza del árbol.

Liberación de los enemigos naturales en los árboles de caoba

Durante los meses de liberación de enemigos naturales, en 2014 y 2016 (agosto, septiembre y octubre) se observó una leve reducción en el número de árboles con daño causado por el barrenador, con un descenso notorio un mes después de aplicar este tratamiento (Figura 17). Sin embargo, en estos resultados no es posible aislar los efectos de la liberación de enemigos naturales, las podas y la presencia de las plantas acompañantes. Además, algunos árboles recibieron cortes de ramas entre los eventos de liberación de controladores biológicos.

Por otra parte, los efectos de la liberación de *Cotesia* y *Chrysoperla* en 2014, no difieren significativamente de aquellos logrados con *Trichogramma* y *Chrysoperla* en 2016 (df =3, *F* =0,071, p = 0,967). En ambos casos la liberación de los organismos estuvo acompañada de una reducción del número de árboles con daño; sin embargo, no hubo diferencias estadísticas entre los meses evaluados (agosto a noviembre) en 2014 (cuando se liberó *Cotesia* y *Chrysoperla*) y 2016 (liberación de *Trichogramma* y *Chrysoperla*). Es importante tener en cuenta que las evaluaciones se hicieron en dos periodos diferentes y pudieron estar afectadas por factores climáticos o agronómicos en los sistemas donde se llevaron a cabo los monitoreos. Ambos factores pudieron perturbar la fenología y dinámica de las poblaciones de los insectos plagas.

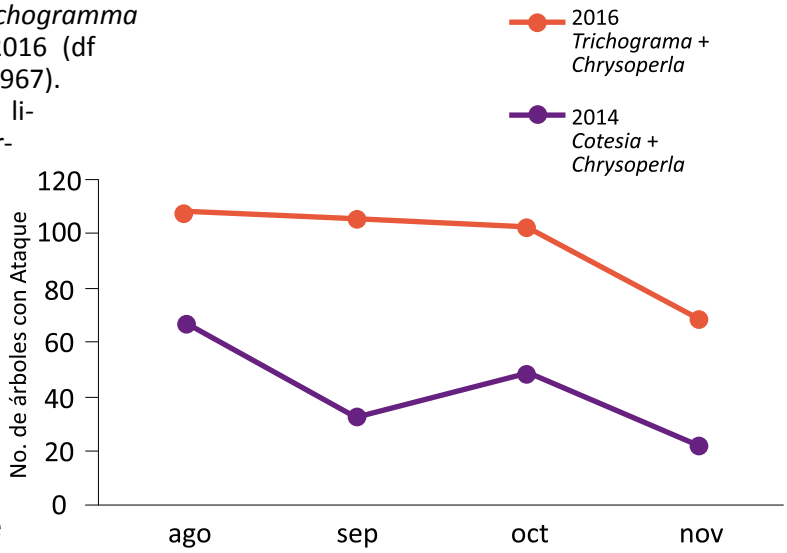


Figura 17. Ataque de árboles de caoba en durante dos años, con dos combinaciones de controladores biológicos (2014: *Cotesia* y *Chrysoperla*; 2016: *Trichogramma* y *Chrysoperla*).

Por otra parte, en 2014 no se observó parasitismo sobre las larvas de *H. grandella* colectadas en los árboles de caoba ni en los monitoreos posteriores a la liberación de la avispa *Cotesia*. Sin embargo, una evaluación hecha en condiciones controladas confirmó que *Cotesia* parasita a las larvas de *H. grandella* (Figura 18).

Figura 18. Avispa *Cotesia flavipes* parasitando una larva del barrenador de las meliáceas *H. grandella*

La ausencia de larvas parasitadas podría deberse a la dificultad de obtener un número significativo de muestras en el campo, dado que el comportamiento barrenador del insecto exige buscar en el interior de las ramas con daño. A lo largo del estudio se colectó un promedio mensual de 50.5 larvas en los meses de las liberaciones.

Sumado a lo anterior, la avispa *Cotesia* ha sido reproducida usando *Diatraea* como hospedante y ha sido usada ampliamente en el control de esta plaga, por lo cual tiene una preferencia por el barrenador de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis*. Varios estudios muestran que las avispas de *C. flavipes* seleccionan preferencialmente al huésped en el que son criadas (Da Silva *et al.* 2012, Jembere *et al.* 2003). Teniendo en cuenta lo anterior, es probable que algunas avispas liberadas en los ensayos de campo hayan preferido las larvas de *D. saccharalis* que abundan en los cultivos de caña de azúcar alrededor de El Hatico, en vez de parasitar *H. grandella.*

En este ensayo se observó que en 80% de las ocasiones en que *C. flavipes* encuentra larvas de *D. saccharalis* y de *H. grandella* en una misma caja, la avispa parasita a su hospedero habitual, *D. saccharalis*. A pesar del número reducido de observaciones y repeticiones en este ensayo, los resultados dan indicios sobre las preferencias del parasitoide.

Durante la segunda fase de liberación de enemigos naturales (2016), tampoco se evidenció el parasitismo en el campo, debido quizás a la dificultad de encontrar los huevos de *H. grandella* parasitados por *Trichogramma*. Sin embargo, fue posible evaluar por separado las franjas donde sólo se liberó *Crisopa* (Cry), y aquellas donde se liberaron los dos organismos, *Crisopa* y *Trichogramma*, al mismo tiempo (Cry+Tri).

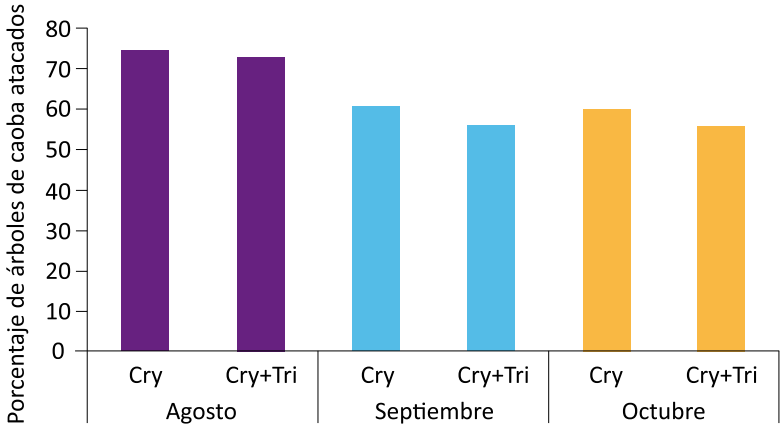


Figura 19. Árboles de caoba (%) atacados por *H. grandella* luego de la liberación de *Chysoperla* (Cry) o *Chysoperla* y *Trichogramma* (Cry + Tri).

En este caso, se registró una tendencia a un menor ataque del barrenador de las meliáceas en las franjas donde se liberaron los dos organismos Cry + Tri, en comparación con aquellas donde solo se liberó *Crisopa* (Figura 19). Esta diferencia no fue significativa (df =2, F = 0,005 p = 0,942).

En términos generales, se observa una leve disminución en el daño ocasionado por *Hypsipyla* luego de aplicar el control biológico basado en la liberación de enemigos naturales en las líneas de caoba y hacer podas periódicas de los árboles afectados en la Reserva Natural El Hatico (Figura 20).

Los resultados presentados en este estudio son relevantes para el manejo de la plaga *H. grandella*, dado que aportan indicios sobre los efectos del manejo en el nivel de ataque del barrenador de las meliáceas. Sin embargo, el alto porcentaje de árboles atacados por *H. grandella* durante los primeros años de crecimiento, confirma que el barrenador es un problema serio para las plantaciones de *S. macrophylla*, incluso en sistemas que tienen un manejo agroecológico como la Reserva Natural El Hatico. Ninguna de las prácticas ensayadas, sola o combinada, es una solución efectiva para reducir el daño causado por el barrenador. No obstante, la siembra de caobas en bajas densidades y en asociación con otras plantas, y el manejo del barrenador con métodos integrados como la poda y las liberaciones de enemigos naturales, contribuyen en alguna medida a reducir el daño del barrenador *H. grandella*.

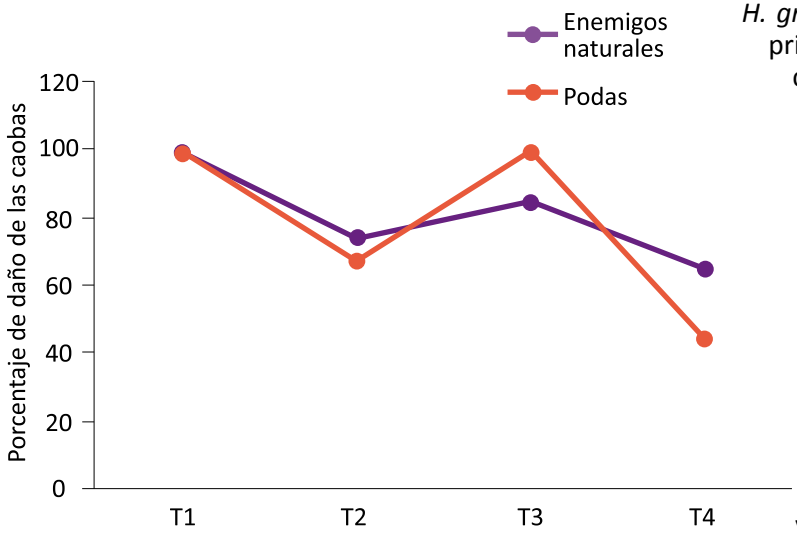


Figura 20. Variación temporal en el daño de árboles de caoba (%) tratados con podas periódicas y liberación de enemigos naturales de *H. grandella.*

Conclusiones

Las poblaciones de *H. grandella* presentan fluctuaciones temporales, con periodos de mayor y menor abundancia en los árboles de caoba. A la escala de El Hatico, la variación espacial es mínima y el nivel de daño es similar en todas las franjas y sectores donde se plantaron los árboles.

Los enemigos naturales liberados durante los ensayos contribuyeron levemente a reducir el daño ocasionado por el barrenador de las meliáceas.

No se comprobó el parasitismo de los enemigos naturales liberados en el campo sobre *H. grandella*, debido a que no fue posible capturar estados inmaduros infestados. Sin embargo, la reducción observada en el daño de la plaga durante el monitoreo coincide con los periodos de liberación de los enemigos naturales.

Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones sobre el manejo de *H. grandella*, se basan en los resultados de éste y otros estudios:

- Plantar las caobas en una baja densidad.
- Hacer podas frecuentes (una o dos por mes).
- Fertilizar los árboles al menos dos veces al año.
- Liberar enemigos naturales durante un periodo de tiempo más prolongado.
- Combinar los métodos propuestos en este estudio con otros medios de control como la aplicación de hongos o bacterias entomopatógenas.

Agradecimientos

A la familia Molina Durán por permitirnos hacer este estudio en la Reserva Natural El Hatico y por toda la colaboración prestada durante el tiempo de evaluación. Los autores agradecen también a Alirio, quien ayudó a podar los árboles, a Diego Giraldo por la colaboración en la liberación de parasitoides en campo y, a Leidy Salamanca por facilitar el ensayo controlado de parasitismo con *Cotesia flavipes.*

Fotografías:

Karen Castaño Quintana: Figuras 1A, 1B, 7A, 7B, 8A, 8B, 9, 10, 11, 16, y 18 .

Adriana Giraldo: Figuras 6, 12A y 12B.

Enrique Murgueitio: Figura 2.

Carlos Pineda: Figura 3.

Literatura citada

Briceño, A.J. 1997. Aproximación hacia un manejo integrado del barrenador de las Meliaceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller). Revista Forestal Venezolana 41(1): 23-28

Calixto, C.G.2013. Crecimiento de *Cedrela odorata* e incidencia de *Hypsipylla grandella* Zeller en respuesta al manejo nutricional. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. 67p.

Calle, Z., Murgueitio, E. 2009. La Caoba: inversión para sistemas silvopastoriles de tierra caliente. Carta Fedegán, 130: 86-99.

Calle, Z., Giraldo, A.M., Cardozo, A., Galindo, A., Murgueitio, E. 2017. Enhancing biodiversity in Neotropical silvopastoral systems: use of indigenous trees and palms. Pp. 417-438 En: Montagnini, F (editora): Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty. Springer.

Cárdenas, L. D., Salinas, N.R. 2007. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primer parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 232p.

Da Silva, C.C.M., Marques, E. J., Oliveira, J.V., Valente, E.C.N. 2012. Preference of the parasitoid *Cotesia flavipes* (Cam.) (Hymenoptera: Braconidae) for *Diatraea* (Lepidoptera: Crambidae). Acta Scientiarum 34: 23-27.

De Magalhaes, A. 2010. Controle químico da broca das Meliaceas *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera:Pyralidae) em mogno sul americano (*Swietenia macrophylla* King). Tesis de Maestría, Facultade de Cienccias Agronomicas da UNESP, 84p.

Figueroa, C.J. C. 1994. An assessment of the distribution and status of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Puerto Rico Conservation Foundation and International Institute of Tropical Forestry. 40 p.

Gerhardt, K. 1996. Germination and development of sown mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in secondary tropical dry forest habitats in Costa Rica. Journal of Tropical Ecology 12: 275-289

Gillies, A.C.M., Navarro, C., Lowe, A. J., Newton, A.C., Hernández, M., Wilson, J., Cornelius, J.P. 1999. Genetic diversity in Mesoamerican populations of mahogany (*Swietenia macrophylla*), assessed using RAPDs. Heredity volume 83: 722–732.

Grogan, J., Barreto, P., Veríssimo, A. 2002. Mahogany in the Brazilian Amazon: Ecology and Perspectives on Management. 44 p.

Grogan, J., Galvão, J., Simões, L., Veríssimo, A. 2003. Regeneration of Leaf-Big mahogany in Closed and Logged Forests of Southeastern Pará, Brazil. In: Lugo A. E., Figueroa C.J.C. and Alayón M. (Eds.). Big-Leaf Mahogany. Genetics, Ecology, and Management. Springer-Verlag. New York Inc. U.S.A. 193-208pp.

Hilje, L., Cornelius, J. 2001. ¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal? Manejo Integrado de Plagas Costa Rica 61: 1-4

Howard, F. W., Merida, M. A. 2007. El taladrador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Insecta Lepidoptera Pyralidae Phycitinae). Entomology and Nematology, UF/IFAS Extensión, University of Florida. 337: 1-8

Jembere, B., Ngi-song, A. J., Overkolt, W. 2003. Olfactory responses of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) to target and non-target Lepidoptera and their host plants. Biological Control 28 (3): 360-367.

Lamb, F.B. 1966. Mahogany of Tropical America: its ecology and management. University of Michigan, Ann. Arbor. U.S.A. 220p.

Macías-Sábano, J.E. 2001. Interacciones químicas entre *Hypsipylla grandella* y sus plantas hospedantes. Manejo Integrado de Plagas Costa Rica 60: 15-21

Madrigal, A. 2003. Insectos forestales en Colombia; biología, hábitos, ecología y manejo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 848 p.

Martínez-Vento, N., Estrada-Ortíz, J., Góngora, F., Martínez-González, L., Curbelo-Gómez, S. 2005. *Hypsipyla grandella* Zeller, su incidencia en plantaciones en fomento de *Cedrela odorata* L. en el municipio de Viñales, Pinar del Río, Cuba. Revista Ciencias.com

Molina, C.H., Molina, C. H., Molina, E.J., Molina, J.J. 2012. Manejo agroecológico de caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos. Alternativas sostenibles para el valle geográfico del río Cauca, Reserva Natural El Hatico. Revista Tecnicaña 29: 1-8

Murgueitio, E., Flores, M.X., Calle, Z., Chará, J., Barahona, R., Molina, C.H., Uribe, F. 2015. Productividad en Sistemas Silvopastoriles Intensivos en América Latina. Pp: 59-101. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds). Sistemas Agroforestales Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p.

Navarro, M.A. 2015. Diagnóstico del estado actual de *Swietenia macrophylla* King (caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: perspectivas para su manejo. Tesis de Doctorado, Universidad Veracruzana, México. 132p.

Negreros-Castillo, P. 1991. Ecology and management of mahogany (*Swietenia*
macrophylla King) regeneration in Quintana Roo, Mexico. PhD Dissertation. Iowa State University. USA. 125 p.

Negreros-Castillo, P., Mize, C. 1994. El efecto de apertura del dosel y eliminación se sotobosque sobre la regeneración natural en una selva de Quintana Roo. En: Snook L K., y A. Barrera (Eds.). Madera, chicle, caza, milpa. Contribución al manejo integral de las selvas de Quintana Roo, México. PROAF/INIFAP/USAID/WWF-US. México. 107-123p.

Newton, A. C., Baker, P., Ramnarine, S., Mesén, J.F., Leakey, R.R.B. 1993. The mahogany shoot borer: prospects for control. Forest Ecology and Management 57: 301-328.

Newton, A.C., Cornelius, J.P., Mesén, J.F., Corea, E.A., Watt, A. D. 1998. Variation in attack by the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), in relation to host growth and phenology. Bulletin of Entomological Research 88: 319–326

Pacheco, M. A. 2013. Maderas de Colombia. WWF Colombia. 88p.

Pennington, T.D., Styles, B.T. 1981. Meliaceae. Flora Neotropica Monografía 28. The New York Botanical Garden. Bronx, New York. 395-400p.

Pineda, J.M. 2014. Aislamiento e identificación de la feromona sexual de *Hypsipyla grandella* Zeller. Tesis de Maestría, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 49p.

Ramnarine, S. 1992. Results of a provenance trial of *Cedrela* spp. In Trinidad. Workshop paper of the 3rd agricultural research seminar, NIHERST, Trinidad. 67p.

Santos, A., Barrios, H. E., López, O. G. 2015. Bioecología de *Hypsipyla grandella* (zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) e incidencia en *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), Panamá. Revista científica Centros, 4: 25-43

Vargas, C., Shannon, P.J., Taveras, R., Soto, F., Hilje, L. 2001. Un nuevo método para la cría masiva de *Hypsipyla grandella*. Manejo Integrado de Plagas Costa Rica 62: 1-4

Whitmore, T.C. 1991. Tropical forest dynamics and its implications for management. In: Gómez-Pompa, A.; T.C.F. Whitmore; M. Hadley. Rain forest regeneration and management. UNESCO and the Parthenon publishing group. Man and the Biosphere Series. 6: 67-90.

CAPÍTULO 10

Ciclo de vida, comportamiento y daño de la polilla defoliadora "Pega-Pega" Apotoforma sp. *(Lepidoptera: Tortricidae) asociada a Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit en sistemas silvopastoriles intensivos del valle del río Cesar - Colombia*

Carolina Giraldo[1]
Karen Reyes[2]
James Montoya-Lerma[2]

[1]*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.*
[2]*Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia.*
carolina@fun.cipav.org.co

Resumen

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) se han establecido con éxito en el valle del río Cesar (Colombia). En 2010, apareció la micropolilla defoliadora "pega-pega", asociada a la leucaena *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae) en los lotes de pastoreo y su daño generó alerta entre los productores. Por esta razón, se inició la investigación en campo y laboratorio con el propósito de identificar el insecto, establecer su ciclo de vida, comportamiento, enemigos naturales y definir las estrategias de manejo integrado para evitar daños económicos en los SSPi. Los resultados de la investigación confirmaron que la polilla pertenece al género *Apotoforma* Busck, 1934 (Lepidoptera: Tortricidae) y tienen un ciclo de desarrollo completo que dura en promedio 47 días. Los huevos son pequeños, transparentes y son depositados de forma individual o agrupada, en el tallo de la leucaena. La larva pasa por cinco estadios bien diferenciados y presenta dimorfismo sexual. En campo, las larvas próximas a mudar, enrollan las hojas de la leucaena con una seda para protegerse y formar el capullo en el que empupan. Los adultos tienen un cuerpo ancho y aplanado, son de color marrón claro y las escamas de las alas son de color ocre. El daño es producido por las larvas, tanto por herbivoría directa, como por enrollamiento de las hojas, lo que reduce el área fotosintética de la planta. La incidencia de la plaga en campo está relacionada directamente con el tiempo de descanso de los potreros y con el incremento de las lluvias en la región. Se utilizaron controles biológicos y culturales y la protección de los enemigos naturales asociados a los SSPi para reducir la población de "pega-pega". Las estrategias de control utilizadas y la consolidación de los SSPi, permitieron reducir completamente las poblaciones de *Apotoforma* sp., sin nuevos registros de daño.

Introducción

Los sistemas silvopastoriles, en sus diferentes modalidades (árboles dispersos en potreros, cercas vivas, bancos mixtos de forraje, setos forrajeros y silvopastoriles intensivos), constituyen la ruta para alcanzar la rehabilitación de las tierras ganaderas (Murgueitio *et al*. 2011, Montoya-Molina *et al*. 2016).

En Colombia, los sistemas silvopastoriles intensivos se han establecido con éxito en varias regiones del país (Giraldo *et al*. 2019). En estos sistemas, se integran pastos, leguminosas rastreras, arbustos forrajeros y árboles en los lotes de pastoreo, lo cual permite generar una estructura de la vegetación completa que tiene implicaciones importantes para la recuperación de la biodiversidad y los procesos ecológicos en los que ésta participa (Montoya-Molina *et al*. 2016).

La biodiversidad asociada a los SSPi ofrece servicios ambientales como el reciclaje de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la solubilización del fósforo, la optimización de la radiación solar para la producción de biomasa forrajera, la descompactación del suelo,

el control biológico, la fertilización natural, entre otros (Calle *et al*. 2018, Chará & Giraldo 2011, Chará *et al*. 2015). Por consiguiente, es importante preservarla y evitar interrumpir los procesos naturales que se dan en estos sistemas cuando se hace un manejo adecuado.

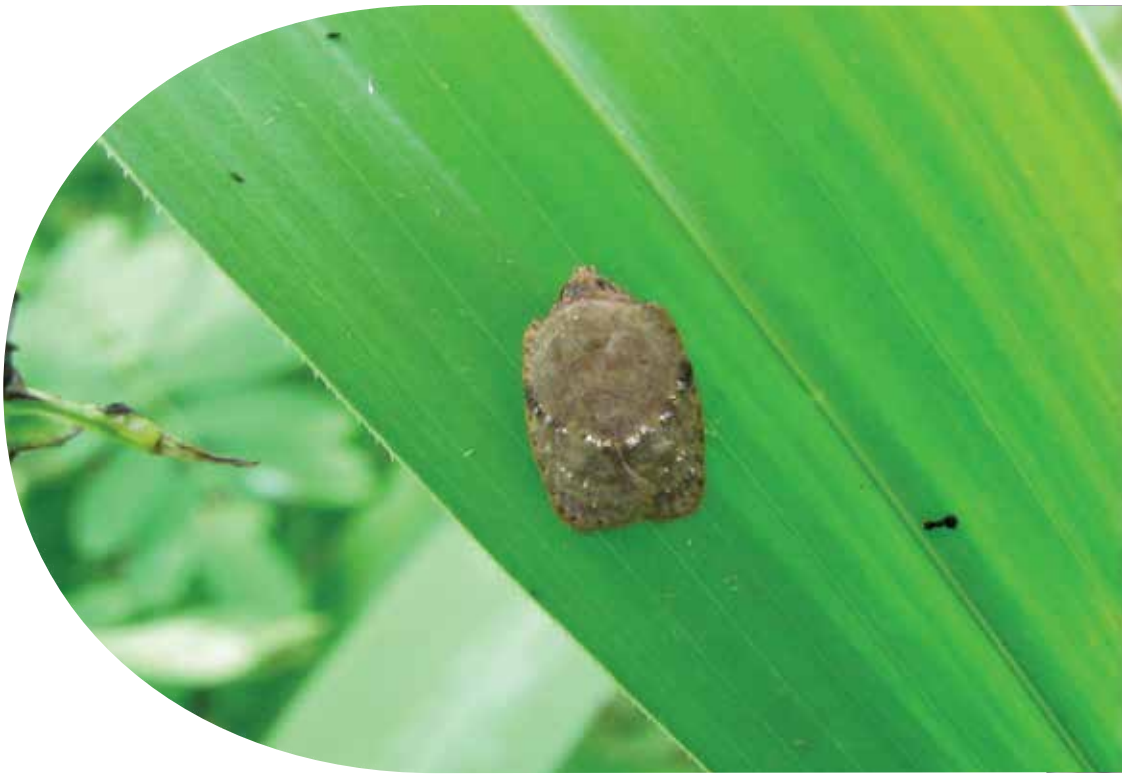
El incremento de las áreas destinadas a la reconversión ganadera con sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), constituye entonces un reto para los productores y profesionales asociados al establecimiento, debido a que en ellos se presenta una mayor complejidad de procesos ecológicos que benefician el sistema productivo y que deben ser promovidos para garantizar el éxito de la producción (Chará & Giraldo 2011).

Es el caso de los insectos fitófagos asociados a pastos, arbustos forrajeros o árboles, que aparecen en los SSPi, los cuales deben ser manejados de manera consciente y eficiente (Reyes *et al*. 2011). Por esta razón, se recomienda establecer programas de Manejo Integrado de Plagas que eviten o reduzcan al máximo el uso de productos de síntesis química que puedan afectar la fauna benéfica del SSPi.

En 2010, se registró por primera vez un insecto fitófago asociado a la leucaena *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae), en los SSPi de dos fincas ganaderas del valle del río Cesar (Colombia), el cual estaba generando una reducción considerable de la biomasa forrajera en las áreas de rotación. Su aparición generó alerta entre los productores, técnicos y profesionales que acompañaban el proceso de rehabilitación ecológica de las fincas ganaderas y se tomaron medidas inmediatas para su control a partir de productos biológicos, mientras se iniciaba la investigación para identificar el insecto y conocer su ciclo de vida y su biología.

Inicialmente, el insecto fue identificado como un lepidóptero del género *Apotoforma*, perteneciente a la familia Tortricidae. Esta familia, agrupa más de 5.000 especies descritas de micropolillas y un gran número de ellas, aún sin describir. Los Tortricidae son conocidos como palomillas o enrolladoras.

La familia es de gran importancia económica debido a que las larvas de muchas especies causan daños económicos en la agricultura, horticultura y silvicultura de una amplia



variedad de cultivos, frutas cítricas, uvas, plantas ornamentales, té, café, cereales y algodón. Así mismo, atacan muchas especies de coníferas y de hojas caducifolias del sector forestal (Lynn & Sandrine 2000).

Debido a su hábito de enrollar y pegar las hojas durante la fase de larva y pupa, la micropolilla fue denominada localmente como “pega-pega” entre los productores de la región.

Sobre la polilla “pega-pega” se conoce poco a nivel biológico y no existen reportes de su comportamiento como plaga en sistemas productivos de Colombia. En este sentido, se planteó la presente investigación, con el propósito de establecer el ciclo de vida y comportamiento de la polilla bajo condiciones de laboratorio y de campo. De esta manera, se reunieron elementos para implementar un manejo integrado de plaga en los sistemas productivos y evitar así daños y pérdidas asociadas al incremento de sus poblaciones.

Métodos

Identificación taxonómica

Debido a la escasez de trabajos taxonómicos sobre la taxonomía de las micropolillas Tortricidae en Colombia, se verificó la identidad taxonómica del insecto mediante imágenes de los diferentes estadios y de las estructuras reproductivas de los adultos, enviadas al especialista en Tortricidae, Dr. John W. Brown, del "Systematic Entomology Laboratory, ARS, USDA, National Museum of Natural History, Washington, DC" (Estados Unidos).

Cría de estados inmaduros

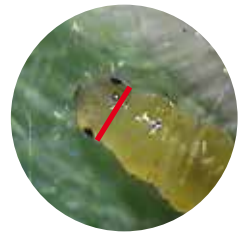
En campo se recolectaron manualmente larvas de pega-pega, las cuales fueron depositadas en recipientes plásticos con un algodón humedecido, para proporcionar una atmósfera húmeda. Las larvas fueron transportadas para su cría al laboratorio de entomología de la Universidad del Valle (Cali), a una temperatura promedio de 24°C y un fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Los inmaduros se criaron hasta la obtención de imagos. Los adultos emergidos fueron sexados y las parejas fueron transferidas a recipientes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 20 cm de alto, cubiertos en la parte superior con una malla metálica y con espuma humedecida sobre una bandeja plástica como base, con hojas de leucaena frescas, para favorecer la cópula y oviposición. Los huevos se colocaron en tubos de ensayo con el fin de individualizar las larvas al momento de la eclosión.

Con el objeto de determinar el número de instares larvales, se midió diariamente el ancho de la cápsula cefálica. Los resultados se compararon con el modelo de crecimiento geométrico propuesto por Dyar (1980), el cual permite detectar el incremento en el tamaño de una estructura esclerotizada en cada instar (Iannacone & Alvariño 2007) (Figura 1). En este análisis se incluyeron 22 larvas, desde el momento de eclosión de los huevos hasta la formación de capullos.

Las imágenes del ancho de la cápsula cefálica se obtuvieron con una cámara Motic Digital Microscope DM143, con el programa Miotic Images Plus 2.0 ML, adosada a un estereoscopio. Una vez las larvas se convertían en capullos, se transferían a cajas petri para determinar la duración de esta fase. Los adultos se pasaban

a los mismos tubos cilíndricos utilizados para la oviposición para registrar su longevidad. El número de estadios larvales se estimó a partir del número de picos observados en una gráfica de frecuencias de la longitud de la cápsula cefálica.

↔ L1 Largo: 0,5 mm



↔ L1 Largo: 0,8 mm

Figura 1. Estructura considerada para la separación de estadios de larvas de lepidópteros (ancho de la cápsula cefálica).

Monitoreo en campo

En condiciones de campo se realizaron observaciones del comportamiento básico de la especie (tipo de daño, plantas hospederas, horas de actividad, búsqueda de sitios de oviposición, comportamiento reproductivo, enemigos naturales, entre otros). Los monitoreos de campo se realizaron entre noviembre de 2010 y marzo de 2011, entre las 8:00 y las 18:00 horas.

Resultados y discusión

Identificación taxonómica

La micropolilla fue reconfirmada como *Apotoforma* sp. De acuerdo con el Catálogo en línea de Tortricidae, se han registrado 15 especies para el género a nivel mundial (T@RDS, 2019). De este género, cinco especies se encuentran en las Islas del mar Caribe y cinco en el continente americano (Razowski 1993). Hasta el momento, no existe una resolución definida sobre el estatus taxonómico de muchas de sus especies. El género *Apotoforma* no había sido registrado previamente como plaga en sistemas productivos de Colombia.

Ciclo de vida

Los resultados sugieren que la polilla pega-pega tiene desarrollo completo, es decir, pasa por cuatro estadios o instares: Huevo, larva, pupa y adulto. En general los tortrícidos se demoran entre 32 y 40 días para completar todo un ciclo desde huevo hasta adulto (Reyes *et al*. 2011).

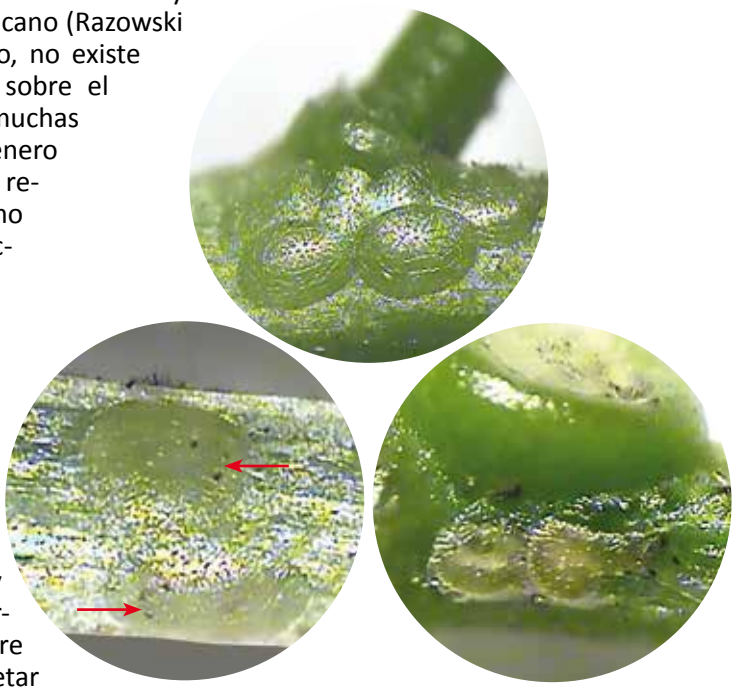


Figura 2. Huevos de la polilla pega-pega *Apotoforma* sp. donde se observan los ojos y la formación de las mandíbulas.

- **Huevo**

El huevo de la micropolilla pega-pega es difícil de observar en campo debido a su tamaño pequeño y coloración transparente. Es de forma ovalada y textura rugosa. En promedio mide 0.74 + 0.06 mm largo y 0.44 + 0.04 mm de diámetro. A medida que se va desarrollando el embrión, se puede observar la aparición de dos puntos negros grandes que corresponde a los ojos y la formación de las mandíbulas (Figura 2). Cuando se encuentran próximos a eclosionar, se observan de color beige. En promedio la duración de este estadio es: 4.28 + 1.5 días.

• *Estadios larvales*

En los primeros estadios, las larvas son difíciles de ver a simple vista. Los datos son muy uniformes y solo los dos últimos instares presentan alguna variación, pero con una tendencia clara. La gráfica obtenida a partir de los datos promedio del ancho de las cápsulas cefálicas se ajustó a la ley de Dyar (1890) (Tabla 1, Figura 3).

Tabla 1. Ancho de cápsula cefálica, promedios, desviación estándar, y tasas de crecimiento de larvas de pega-pega *Apotoforma* sp. criadas bajo condiciones de laboratorio.

	ANCHO CÁPSULA CEFÁLICA (ACC)				
INSTAR	I	II	III	IV	V
Intervalos de ACC (mm)	0.2	0.3	0.4	0.5 - 0.6	0.7 - 0.8
X + ds	0.2 ± 0.00	0.3 ± 0.00	0.4 ± 0.00	0.58 ± 0.04	0.78 ± 0.04
Error estándar	0	0	0	0.01	0.01
Tasa de crecimiento Dyar (1980)	-	1.50	1.33	1.45	1.4

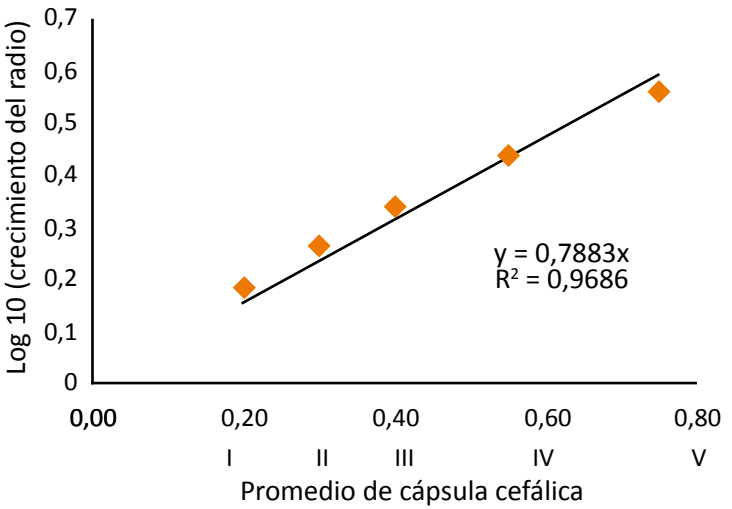


Figura 3. Regresión lineal del promedio del ancho de la cápsula cefálica (mm) de larvas de pega-pega *Apotoforma* sp.

En el último estadio, las larvas miden en promedio 1.33 + 0.14 cm y son fáciles de observar en condiciones de campo. La primera muda de la larva ocurre en promedio después de 3.73 + 0.63 de la emergencia y la última muda es la de mayor duración (3.77 + 0.92) (Tabla 2), posiblemente debido a que requiere en este momento acumular reservas energéticas antes de pasar a pupa. La gráfica de distribución de frecuencias presentó cinco picos bien pronunciados, lo cual corresponde a cinco estadios larvales (Dyar 1980).

Tabla 2. Duración promedio en días de los diferentes instares de larvas de pega-pega *Apotoforma* sp. bajo condiciones de laboratorio.

INSTAR	DURACIÓN (DÍAS) MIN - MAX	X + DS (DÍAS)	ERROR ESTÁNDAR
I	2 – 4	3.73 + 0.63	0.13
II	2 – 4	2.82 + 0.59	0.13
III	2 – 4	2.27 + 0.55	0.12
IV	2 – 4	2.95 + 0.49	0.10
V	2 - 5	3.77 + 0.92	0.20

En total, el promedio del ciclo de vida de la polilla pega-pega bajo condiciones de laboratorio, fue de 46.9 días. El periodo de prepupa tiene una duración de 1 día. La fase larval duró en promedio 15.5 + 0.64 días. Los adultos nacieron todos exactamente a los 8 días después de empupar. La longevidad de los adultos varió entre 12 y 19 días y fue el periodo más largo (Tabla 3); los adultos sin alimentación vivieron en promedio 8.66 + 0.51 días.

Tabla 3. Duración promedio en días de las diferentes fases de desarrollo de la polilla pega-pega *Apotoforma* sp. bajo condiciones de laboratorio.

FASE	DURACIÓN (DÍAS) MAX - MIN	X + DÍAS	ERROR ESTÁNDAR
Huevo	3-6	4.28 + 1.50	0.25
Larva	14 – 18	15.5+ 0.64	0.14
Pupa	8	8 + 0.00	0.00
Adulto	12 - 19	18.2 + 3.19	0,88
Total días	**46.9**		

El dimorfismo sexual se observa desde larvas de último estadio. El macho se diferencia de la hembra porque presenta, en posición dorsal hacia la mitad del abdomen, una mancha de color marrón clara que corresponde a las gónadas (Figura 4).

Figura 4. Diferenciación sexual en larvas de último instar de pega-pega.
Derecha: macho. Izquierda: hembra.
La flecha indica la mancha abdominal que corresponde a las gónadas del macho.

•*Adultos*

Los adultos miden aproximadamente 8 mm de largo, son de color marrón claro y cuando nacen, se observa una delgada hilera marrón oscuro que atraviesa transversalmente las alas en la región media. El borde de las alas es rodeado por escamas de color ocre y la forma del cuerpo es ancha y aplanada. La parte donde se ubican las alas se observa de color verde claro y la parte del abdomen se torna marrón claro. Posteriormente se va oscureciendo hasta quedar pardo – rojiza (Figura 5).

Figura 5. Adulto de *Apotomorfa* sp. posado sobre arbusto de *Leucaena leucocephala*.

Los adultos también presentan dimorfismo sexual. El último esternito abdominal en la hembra es redondeado y sobresalen las papilas anales, mientras que en el macho termina recto y con numerosos pelos.representen pérdidas económicas para el cultivo.

Biología y comportamiento

Los huevos de la polilla pega-pega se encuentran preferiblemente en el tallo (84.8%), de forma solitaria o agrupados en masas que varían desde 2 a 30 huevos (Figura 6).

Figura 6.
Diferentes formas de la disposición de los huevos de la polilla pega-pega *Apotoforma* sp. sobre el tallo de leucaena.

También se pueden encontrar huevos en las hojas, aunque no es lo común (15.1 %). Se encuentran solitarios o en masas de 2, 3 y 6 huevos (Figura 6 y 7). En el laboratorio se realizó un seguimiento a dos hembras y se observó que estas ponen huevos hasta después de 12 días de emergidas (Tabla 4).

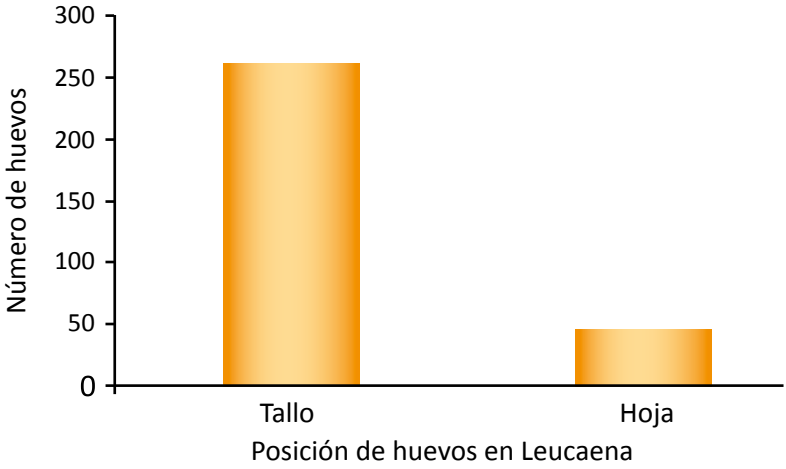


Figura 7. Ubicación de 311 huevos de pega-pega en tallo y hoja de Leucaena, bajo condiciones de laboratorio.

Tabla 4. Seguimiento de posturas en dos hembras de pega-pega en laboratorio.

DÍA	1	4	6	8	10	12	14	TOTAL
Hembra 1	0	30	23	24	21	6	0	104
Hembra 2	0	25	12	16	12	4	0	69

Las larvas recién nacidas miden 1 mm, a pesar de su pequeño tamaño estas larvas son capaces de producir serios daños en las hojas, las unen y las perforan. Cuando están próximas a mudar construyen una especie de canasta con mucha seda donde se protegen. Los demás estadios larvales también se encuentran en las hojas, las cuales enrollan, y cuando se encuentran en el proceso de muda, las larvas se tornan pálidas (Figura 8).

Figura 8. Larvas de pega-pega en diferentes estados de desarrollo.

En campo la pupa se observa prefeblemente entre dos foliolos de la leucaena, unidos suavemente por la seda de la larva. Se observó que cuando la población de pega-pega es alta, las larvas se pueden ubicar entre las pinas, enrollarlas y posteriormente, ocasionarles marchitez (figura 9). Al momento de emergencia, la pupa se abre por el extremo donde se encuentra la cabeza, el adulto se desliza hasta que sale de su capullo.

Los adultos se posan sobre la leucaena y el pasto tanzania. La pupa recién formada, puede ser de diferentes tonalidades.

Figura 9. Izquierda: Adulto de pega-pega. Centro: pupa sin eclosionar. Derecha: pupa después de la eclosión del adulto en condiciones de campo.

La polilla pega-pega se encontró asociada exclusivamente a plantas de leucaena Leucaena leucocephala en los sistemas silvopastoriles intensivos. A pesar que los adultos se posan sobre las plantas acompañantes del sistema, el daño se presenta exclusivamente en los folíolos de la leucaena.

Tipo de daño en condiciones de campo

Figura 10. Arriba: Daño ocasionado a la leucaena por larvas de pega-pega. Abajo: Larvas de primer instar protegidas por la seda que ellas mismas producen

El daño es producido por las larvas de dos maneras: por herbivoría y por enrollamiento de las hojas. La larva de primer estadio, cuando sale del huevo, enrolla las hojas de la leucaena y las pega con una seda que ella misma produce. La larva se instala dentro, allí se protege y se alimenta hasta llegar a la fase de pupa. Para alimentarse, las larvas raspan la superficie de la hoja y logran perforarlas con las mandíbulas, por lo cual es posible observar huecos pequeños en los foliolos (Figura 10). Este comportamiento reduce el área fotosintética de la leucaena y genera pérdida de la biomasa forrajera que se requiere para alimentar a los bovinos durante el pastoreo rotacional en los SSPi.

Las larvas atacan plantas de leucaena, tanto de crecimiento arbustivo para ramoneo directo, como de crecimiento arbóreo que se dejan para sombrío de los lotes de pastoreo. En campo se puede observar que las larvas bajan, desde las leucaenas arbóreas, a través de una seda para colonizar las leucaenas arbustivas, cuando el follaje ha sido consumido en su totalidad. De esta manera, las larvas logran completar su desarrollo.

Los daños también se presentan en las leucaenas que están en proceso de recuperación después del ramoneo del ganado. Las larvas utilizan los rebrotes para anidar y evitan su recuperación. Cuando hay daños intensos se observan hojas secas que resaltan frente al color verde de las sanas (Figura 11).

Figura 11. Daño de rebrotes y marchitez de las hojas por larvas de pega-pega.

En noviembre de 2010, durante la época de mayor precipitación, se cuantificó el porcentaje de daño de la polilla "pega pega" y se encontró que su incidencia está determinada por el tiempo de descanso de los potreros (Figura 12). Durante el ramoneo (tiempo 0), el ganado reduce drásticamente las poblaciones. Sin embargo, las larvas que sobreviven terminan su ciclo de vida en los rebrotes de la leucaena. A los 16 días de descanso, se observa un mayor incremento del daño, el cual se intensifica hacia el día 26 cuando la polilla encuentra más recursos para alimentarse y anidar.

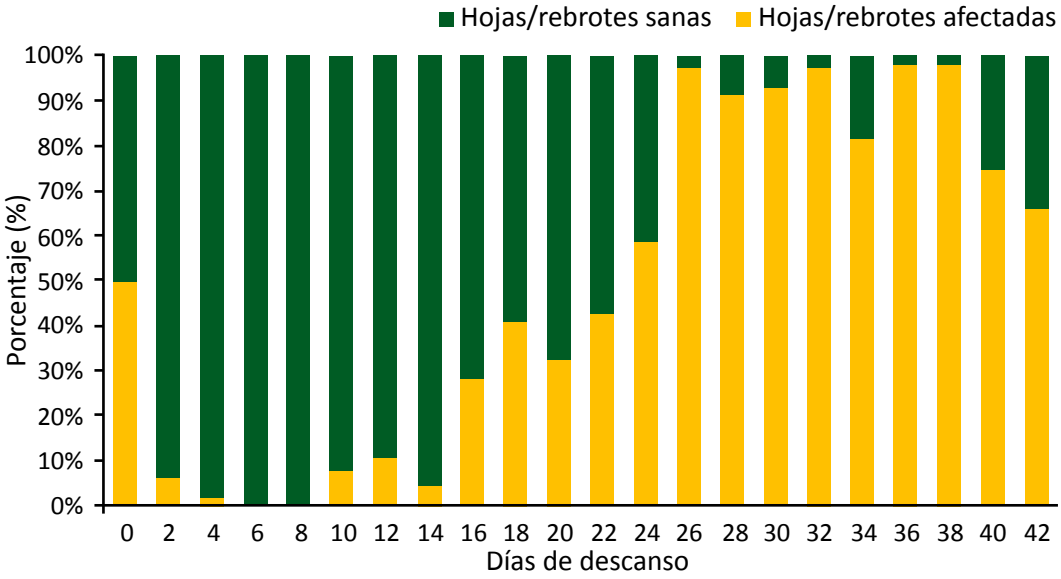


Figura 12. Porcentaje de daño de la polilla *Apotoforma* sp. en diferentes tiempos de pastoreo en noviembre de 2010 (época de lluvia).

El incremento de las poblaciones de la polilla, está relacionado con la época de lluvia, sin embargo, algunas especies de Tortricidae han demostrado adaptarse muy bien a la variación de las condiciones climáticas una vez aumentan su tamaño poblacional (Reyes et al. 2011), por lo tanto, es necesario seguir monitoreando y realizar controles para evitar que se disperse en la totalidad de las plantas y ataque en época seca.

Enemigos naturales

En condiciones de campo, se observaron enemigos naturales de la micropolilla pega-pega, principalmente depredadores y parasitoides.

Microavispa parasitoide

- Orden: Hymenoptera
- Superfamilia: Chalcidoidea
- Familia: Chalcididae

Nativos.
Parásitos de pupas.
Se encontraron buscando pupas dentro de los folíolos enrollados en los SSPi.

Microavispa parasitoide

- Orden: Hymenoptera
- Familia: Pteromalidae
- Especie: *Spalangia cameronii*

Parasitoide de pupas.
Se encontraron buscando pupas dentro de los folíolos enrollados en los SSPi.

Arañas

Orden: Aranae
Clase: Aracnida

- Alta diversidad, nativas.
- Depredadoras de larvas, pupas y adultos
- Construyen telarañas en la leucaena.

Hormiga

Orden: Hymenoptera
Familia: Formicidae
Género: *Camponotus* sp.

- Población muy abundante de hormigas arbóreas que depredan las larvas de la polilla.

Avispas

Orden: Hymenoptera
Familia: Vespidae
Nidos de avispas depredadoras en los SSPi. Sobrevuelan y se perchan en las hojas enrolladas en busca de presas.

Orden: Neuroptera
Familia: Chrysopidae
Género: *Crysoperla* sp.

- Posturas de *Crysoperla* sp. en la hojarasca y el pasto de los SSPi.
- Se ha establecido en campo después de las liberaciones.

Recomendaciones de manejo

Control biológico

Se recomienda la liberación de enemigos naturales para aumentar las posibilidades de una regulación natural de la plaga en los SSPi. De acuerdo a las observaciones de campo, se realizaron las siguientes liberaciones:

- *Trichogramma* sp. (parasitoide de huevo) en los lotes de leucaena que tenían 12-20 días de descanso y en los lotes en donde había leucaenas arbóreas. Se liberaron 10000 avispas/ha.

- *Crysoperla* sp. después del paso del ganado y en los lotes que tenían 12 o más días de descanso para controlar las poblaciones sobrevivientes al ramoneo. Se liberaron 50 pulgadas de cartones con huevos/ha.

Se realizó además la aplicación de **DIPEL** , un producto biológico que contiene *Bacillus thurigiensis*, en los lotes que tenían entre 20-40 días de descanso debido a que allí se podía encontrar la polilla en todos sus estadios.

Control cultural

La población de la polilla se incrementa en las épocas de lluvia, por lo cual es importante potenciar el efecto de los enemigos naturales antes de que ello ocurra. Para esto es importante:

- Mantener las rotaciones organizadas, con un adecuado ajuste de la carga animal (períodos de descanso y ocupación) para evitar el sobrepastoreo y el subpastoreo.

- Sembrar plantas acompañantes en las cercas vivas (botón de oro, maíz, otras plantas con flor), para aumentar las poblaciones de enemigos naturales.

La polilla pega-pega fue controlada exitosamente y desde 2010 no se tienen registros de su presencia en los sistemas silvopastoriles intensivos del valle del río Cesar. Por esta razón, no se puede considerar que la especie sea plaga de los sistemas productivos, aunque en su único evento de aparición haya generado reducción en la producción.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de la presente investigación son pioneros en el conocimiento del ciclo de vida, comportamiento, daño y estrategias de control de la polilla pega-pega, *Apotoforma* sp. Después de la investigación, se conoció que la polilla pega-pega es un insecto de desarrollo completo que durante su ciclo de vida pasa por huevo, larva, pupa y adulto. Los huevos son muy pequeños y no son visibles a simple vista. La hembra oviposita en el tallo o en el envés de las hojas de la leucaena. La polilla pasa por cinco estados larvarios, los cuales se alimentan de las hojas de la leucaena y construyen un capullo dentro de éstas para protegerse.

El principal daño que la polilla causa a la leucaena, consiste en la pérdida de tejido foliar al enrollar las hojas y marchitarlas. En condiciones de campo, la polilla tiene enemigos naturales que contribuyen a la regulación de sus poblaciones. Por esta razón, las estrategias adecuadas de manejo de los SSPi son fundamentales para favorecer los procesos de control biológico que naturalmente se dan en estos sistemas. No es recomendable el uso de productos de síntesis química para controlar las micropolillas debido a que se puede impactar de manera negativa, la fauna benéfica asociada a los lotes de pastoreo.

La polilla pega-pega no pudo ser estudiada en mayor profundidad debido a que sus poblaciones desaparecieron por completo de las fincas en donde se presentó inicialmente el problema y hasta el momento, no se ha vuelto a registrar en ninguna región del país.

Fotografías

Carolina Giraldo: Figuras 5, 8, 9, 11, Páginas 278, 279, 283.

Karen Reyes: Figuras 1, 2, 3, 6, 10, Páginas 280, 282.

Literatura citada

Calle, Z., Giraldo, A., Cardozo, A., Galindo, A., Murgueitio, E. 2018. Enhancing biodiversity in neotropical silvopastoral systems: use of indigenous trees and palms. EN: Montagnini, F. (Ed). Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty. Advances in Agroforestry 12. Springer, Dordrecht.

Chará, J., Camargo, J.C., Calle, Z., Bueno, L., Murgueitio, E., Arias, L., Dossman, M., Molina, E. 2015. Servicios ambientales de Sistemas Silvopastoriles Intensivos: mejoramiento del suelo y restauración ecológica. Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica, Informe Técnico 402 CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p.

Chará, J. D., Giraldo, C. 2011. Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios. CVC, CIPAV. Cali, Colombia. 78p.

Dyar, H. 1980. The number of molts of lepidopterous larvae. Psyche. 5: 420-422.

Giraldo, C., Chará, J., Uribe, F., Gómez, J., Gómez, M., Calle, Z., Valencia, L.M., Modesto, M., Murgueitio, E. 2019. Ganadería Colombiana Sostenible: Entre la producción y la conservación de la biodiversidad. In G. Halffter, M. Cruz, & C. Huerta (Eds.), Ganadería Sustentable en el Golfo de México. Instituto de Ecología. Xalapa, México. 430p.

Iannacone, J., Alvariño, L. 2007. Crecimiento alométrico de larvas de *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae). Biologist Lima, 2: 52-59.

Lynn, M., Sandrine, A. 2000. Arthropods of Economic Importance: Eurasian Tortricidae. ETI/ZMA.

Montoya-Molina, S., Giraldo-Echeverri, C., Montoya-Lerma, J., Chará, J., Escobar, F., Calle, Z. 2016. Land sharing vs. land sparing in the dry Caribbean lowlands: A dung beetles' perspective. Applied Soil Ecology 98:204–212.

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecology and Management, 261: 1654–1663.

T@RDS. Online Word Catalogue of the Tortricidae. 2019. Disponible en: http://www.tortricidae.com/catalogue.asp Fecha de consulta: abril de 2019.

Razowski, J. 1993. Revision of Apotoforma BUSCK, 1934 (Lepidoptera: Tortricidae), with descriptions of four other *Tortricini* species. Acta Zoologica Cracoviensia, 36(1): 183-197.

Reyes, K., Giraldo, C., Uribe, F., Murgueitio, E. 2011. Insectos en climas extremos en SSPI. Revista Carta Fedegan. No. 124: 102–105.

CAPÍTULO 11

Impactos negativos y manejo adecuado de agroquímicos

Karen Castaño-Quintana[1,2]

[1]*Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV, Cali, Colombia.*
[2]*Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali-Colombia.*
karen@fun.cipav.org.co

Resumen

El uso de agroquímicos debe realizarse de manera consciente y responsable, teniendo en cuenta todas las implicaciones asociadas a la utilización de estos productos. A lo largo del libro se recomienda utilizar diversos métodos de control diferentes al control químico. Sin embargo, hay circunstancias en las que se hace necesario el uso de plaguicidas. Por esta razón, el presente capítulo da información detallada de los efectos negativos ocasionados por los agroquímicos, y por qué es tan importante que su uso en los sistemas productivos se haga responsablemente.

Introducción

Los insectos herbívoros asociados a pastos y plantas forrajeras pueden causar daños importantes y afectar la productividad ganadera. Con los sistemas silvopastoriles se han empleado diversas plantas forrajeras como *Leucaena Leucocephala* (Fabales: Fabaceae), botón de oro *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae), tilo *Sambucus* sp. (Dipsacales: Adoxaceae), matarratón *Gliricidia sepium* (Fabales: Fabaceae), nacedero *Trichanthera gigantea* (Lamiales: Acanthaceae), veranera *Cratylia argentea* (Fabales: Fabaceae), algunas de las cuales han presentado insectos plagas que disminuyen la disponibilidad de alimento para el ganado. En las plantas de matarratón, por ejemplo, se han reportado diferentes insectos como el pegador de hojas *Omiodes martyralis* (Lepidoptera: Crambidae), el esquelitizador del matarratón *Azeta versicolor* (Lepidoptera: Erebidae) y áfidos *Aphis* spp. (Hemiptera: Aphididae) que atacan los cultivos, y requieren de controles para disminuir sus poblaciones en los sistemas. De acuerdo con Gómez *et al.* (2002), la aplicación de microorganismos entomopatógenos como la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bacillales: Bacillaceae) es una buena alternativa de control para regular algunos insectos problema del matarratón. Las plantas de leucaena también han presentado insectos herbívoros que afectan los cultivos. En los capítulos 3, 8 y 10 se exponen diferentes estudios de caso de insectos herbívoros asociados a los cultivos de leucaena y los métodos de control empleados y recomendados.

Desafortunadamente, las prácticas más comunes para controlar organismos indeseados por parte de los agricultores se basan principalmente en la aplicación de productos de síntesis química con propiedades altamente tóxicas. Por esta razón, a lo largo del libro se describieron algunos estudios de caso y métodos de control más amigables con el medio ambiente, que evitan o reducen la aplicación de plaguicidas en los sistemas productivos.

Problemas ocasionados por el mal uso de plaguicidas

Un plaguicida, también conocido como agroquímico, es cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se utilizan para prevenir, destruir o controlar especies plagas (FAO 2014) y se emplean comúnmente en agricultura, programas de salud pública y áreas urbanas con el fin de proteger a las plantas, animales y humanos del ataque de plagas y enfermedades (Nicolopoulou-Stamati *et al.* 2016).

De acuerdo con los organismos de control, los plaguicidas se pueden diferenciar en insecticidas, fungicidas, herbicidas y acaricidas, los cuales hacen parte de los productos más usados en el sector agropecuario, aunque también existen otros como los nematicidas, rodenticidas, bactericidas, entre otros (Rojas & Vásquez 2011). Sin embargo, estas sustancias no son estrictamente específicas, por lo tanto, también afectan y causan mortalidad a diversos organismos "no blanco", que se encuentran en los sistemas productivos y que no son plagas.

Los plaguicidas están compuestos por sustancias tóxicas y, por lo tanto, es necesario usarlos responsablemente. Sin embargo, el mayor problema de los plaguicidas reside precisamente en el uso inadecuado y desproporcionado de los mismos. Realizar aplicaciones con alta frecuencia, utilizar mayores dosis de las indicadas en la etiqueta de los productos y no utilizar protección en la manipulación y aplicación de los agroquímicos, son algunas de las prácticas inadecuadas más comunes que se cometen al usar agroquímicos. A continuación, se describen los principales problemas asociados a los plaguicidas y por qué es tan importante realizar un manejo adecuado de ellos o en el mejor de los casos, evitar su uso.

1. Efectos en la salud pública

Los plaguicidas causan intoxicaciones y enfermedades en los seres humanos. Según la Organización Mundial de la Salud, anualmente se registran entre uno y cinco millones de casos de intoxicación por plaguicidas, con varios miles de muertes. El 99% de estos hechos ocurren en países en desarrollo, entre los cuales los países de América Latina aportan el 75% de los casos y se estima que más de 700.000 personas al año sufren los efectos crónicos (OPS 2002).

De todas las intoxicaciones por plaguicidas, cerca de 3 millones de casos conllevan a la hospitalización y se presentan aproximadamente 220.000 muertes y unos 750.000 enfermos crónicos cada año (Hart & Pimentel 2002, Pimentel 2009).

A nivel nacional, se destacan las intoxicaciones masivas por consumo accidental de plaguicidas organofosforados en Chiquinquirá (1967), Puerto López (1970), y Pasto (1977). La manipulación del insecticida endosulfán, en cultivos de café y plátano en el año 2007, ocasionó un brote donde 150 personas resultaron intoxicadas y un menor de edad murió. Este hecho ocurrió a pesar de que el insecticida había sido prohibido en el país desde el año 2001 (Díaz-Gómez 2018). En el año 2017, se reportaron en Colombia 8.423 casos de intoxicaciones por plaguicidas (Díaz-Gómez 2018).

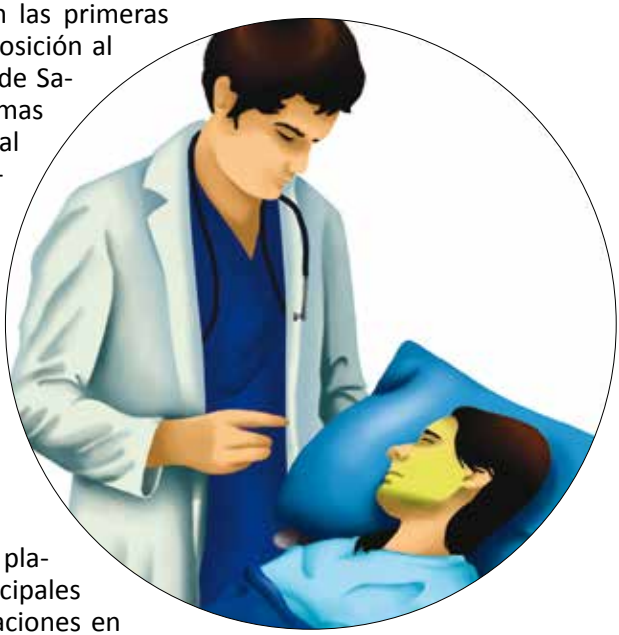
Las personas que corren más riesgo de intoxicación son las que están directamente expuestas a los plaguicidas, como los trabajadores agrícolas que aplican estos productos y las personas que se encuentran cerca de las zonas donde se hace la aplicación. Por esta razón, la protección durante el uso de estos productos, así como evitar el ingreso a las áreas fumigadas, es de gran importancia, ya que de esta forma se reducen los riesgos a las intoxicaciones y enfermedades.

La exposición a los plaguicidas generalmente ocurre por contacto con la piel o los ojos, o a través de la ingestión y la inhalación, aunque también hay casos de exposición intramuscular, subcutánea o intravenosa (Instituto Nacional de Salud 2010). La exposición alta, accidental o intencional de los agroquímicos puede provocar hospitalización y muerte (WHO 1990, Gunnell *et al.* 2007).

Otra de las principales fuentes de exposición a los plaguicidas es a través de los alimentos contaminados (Ferrer 2003). Los residuos de agroquímicos en las comidas y bebidas cotidianas como, por ejemplo, frutas, vegetales, hortalizas, vino, alimento para animales, entre otros, exponen a la población constantemente a los compuestos tóxicos de los plaguicidas. Un ejemplo de ello son los residuos encontrados en el 90% de los cultivos de manzana, pera, durazno, fresa y apio (Pimentel 2005). Además, los resultados en los cultivos de manzana son alarmantes, debido a que de acuerdo con las investigaciones de Groth *et al.* (1999), se han detectado 37 diferentes plaguicidas para este cultivo.

Las intoxicaciones por plaguicidas implican alteraciones fisiológicas o anatómicas-patológicas producidas por la absorción de los compuestos tóxicos presentes en los agroquímicos, y tienen diferentes niveles de gravedad clínica, la cual depende de las características del compuesto tóxico (organoclorados, organofosforados, piretrinas, carbamatos, etc) y del individuo (Instituto Nacional de Salud 2010). Hay dos tipos de intoxicaciones: Agudas y crónicas.

• *Intoxicación aguda:*



Los síntomas se presentan en las primeras 24 a 48 horas luego de la exposición al plaguicida (Instituto Nacional de Salud 2010). Los signos y síntomas dependen del grupo químico al que pertenecen. Los más comunes son: mareos, dolor de estómago, dolor de cabeza, diarrea, vómito, dificultad para respirar, jadeo, sudoración, temblores, visión borrosa, salivación, picazón, debilidad, irritación o ardor en piel, cara, ojos y mucosas (Pedrozo *et al.* 2017, Tabares & López 2011).

Las intoxicaciones agudas por plaguicidas son una de las principales causas de muerte por intoxicaciones en el mundo (Instituto Nacional de Salud 2010).

• *Intoxicación crónica:*

Ocurre por exposición repetida a dosis bajas de plaguicidas por periodos de tiempo prolongados. La gravedad puede variar en el transcurso del tiempo. En los niños la intoxicación por plaguicidas es especialmente perjudicial, ya que el cerebro y sistema nervioso están en proceso de desarrollo (Instituto Nacional de Salud 2010). La exposición a largo plazo de los plaguicidas puede generar daños importantes en la vida humana y afectar la función de diferentes órganos y sistemas (sistema nervioso, endocrino, reproductivo, cardiovascular, renal, inmunológico, respiratorio). De acuerdo con diferentes estudios, la exposición a plaguicidas incide en la aparición de enfermedades crónicas como: cáncer (cáncer de piel, seno, próstata, pulmón, páncreas, esófago, estómago, entre otros) (Jaga & Dharmani 2005, Weichenthal *et al.* 2010; Alavanja & Bonner 2012), malformaciones o defectos de nacimiento, problemas de fertilidad y esterilidad, enfermedad de parkinson, daños en el cerebro, alzheimer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, asma y enfermedades pulmonares, y algunos pocos reportes de lupus y artritis (Mostafalou & Abdollahi 2013).

2. Resistencia a los plaguicidas

La resistencia a los plaguicidas es uno de los principales problemas ambientales del mundo (UNEP 1979). Aproximadamente 520 especies de insectos y ácaros, cerca de 150 especies de patógenos de plantas, y alrededor de 273 especies de arvenses son ahora resistentes a los plaguicidas (Stuart 2003, Siniard *et al.* 2016).

La resistencia a los plaguicidas consiste en la reducción de la sensibilidad de una población de organismos a un plaguicida (IRAC 2011). Es decir, los organismos se vuelven más tolerantes al agroquímico aplicado, por tanto, este agroquímico ya no controla eficientemente a los organismos indeseados como solía hacerlo inicialmente.

Esto ocurre cuando un producto es usado repetidamente para controlar el insecto plaga objetivo (Siniard *et al.* 2016), y se manifiesta en el momento en que el producto falla de manera reincidente en el control de la plaga (IRAC 2011). Es así como muchos organismos han logrado desarrollar elevados niveles de resistencia al ser expuestos a masivas y periódicas aplicaciones de plaguicidas.

Los principales factores que influencian el desarrollo de la resistencia a insecticidas se mencionan a continuación:

Frecuencia de aplicación. La alta frecuencia en el uso de los plaguicidas favorece la resistencia, ya que con cada uso se otorga una ventaja para desarrollar la resistencia en los organismos de una población. Por tanto, es necesario seguir las indicaciones que vienen al respaldo de cada producto y respetar los tiempos de aplicación.

Dosis: Se debe aplicar la dosis indicada en la etiqueta del producto. Si se utiliza una dosis por debajo o por encima de la recomendada se direcciona de igual forma al proceso de resistencia, ya que con una dosis menor no mata a los organismos plaga, pero los expone a los compuestos poco a poco, favoreciendo su tolerancia, mientras que con una dosis alta acelera el mecanismo de la resistencia, controlándolos más ágilmente, pero obteniendo de manera rápida una población resistente.

Compuestos tóxicos iguales o similares: Es importante evitar el uso de agroquímicos con componentes tóxicos iguales o parecidos. Si se aplica cada vez el mismo compuesto tóxico o un producto que tiene el mismo modo de acción, más rápido se desarrolla la resistencia. Se recomienda cambiar de producto en cada control o alternarlos.

Rango de reproducción: Insectos que tienen un ciclo de vida corto y altos rangos de reproducción son probablemente más rápidos en desarrollar resistencia que otras especies que tengan un rango más bajo de reproducción. Esto es debido a que entre

mayor sea el número de generaciones, mayor serán los insectos que pueden ser expuestos rápidamente a la aplicación del insecticida. Los mosquitos son históricamente conocidos por tener resistencia a insecticidas, y tienen la característica de que tienen un ciclo de vida corto y una alta fecundidad, donde las hembras ponen cientos de huevos durante su vida reproductiva.

Otras prácticas de control que de acuerdo a la FAO (2012), aumentan aceleradamente el desarrollo de la resistencia en las poblaciones plagas son las siguientes:

- Pobre cobertura en el área tratada (la mala cobertura del lugar de aplicación hace que unas áreas reciban mayor cantidad de producto que otras, lo que será similar a cuando se usa una dosis por debajo de la recomendada).

- La incapacidad de incorporar prácticas de control sin plaguicidas cuando sea posible.

Desafortunadamente, cuando la resistencia es desarrollada, el siguiente paso es crear un nuevo producto más fuerte. Generalmente, los nuevos productos tienen similares modos de acción y similares patrones de desintoxicación, que probablemente hacen que el organismo plaga desarrolle más rápido los mecanismos de resistencia. Sumado a lo anterior, está el hecho de que los nuevos plaguicidas también son aplicados de manera frecuente, provocando que los organismos expuestos incrementen la resistencia a los nuevos productos desarrollados.

Esto hace que los costos económicos de los plaguicidas sean altos, debido a que es difícil descubrir nuevos compuestos que sean superiores a los que ya existen, y es complejo encontrar un producto con diferente modo de acción. El impacto económico y social en quienes usen productos ineficaces que hayan perdido el potencial de controlar las poblaciones plagas, puede ser devastador. Se han presentado casos en donde los agricultores terminan abandonando los cultivos por las grandes pérdidas que ocasionan las plagas resistentes.

3. Destrucción de enemigos naturales y otros organismos benéficos

Los organismos de una misma especie se caracterizan porque viven juntos en el mismo ambiente y durante el mismo periodo de tiempo, en grupos o poblaciones. Entender cómo varía el número de organismos y qué ocasiona el aumento o disminución en el tiempo de las poblaciones plagas es una información importante que contribuye a la planificación de prácticas en el manejo de plagas.

Las poblaciones de organismos están reguladas por la acción natural de sus depredadores, parásitos, parasitoides, patógenos y competidores; es un fenómeno ecológico que mantiene a las especies en un estado de equilibrio (más información de enemigos naturales en el capítulo 2). El problema surge cuando disminuyen o desaparecen las poblaciones de enemigos naturales, ocasionando como consecuencia un aumento en las poblaciones de insectos plagas.

Figura 1. Enemigo natural de plagas. Mosca amazónica conocida como *Lydella minense* (Diptera: Tachinidae) parasita larvas del barrenador de la caña *Diatraea* sp.

Desafortunadamente, las poblaciones de enemigos naturales son afectados negativamente por los plaguicidas en todo el mundo, y esto ha ocasionado el incremento de diversas plagas.
En cultivos como el algodón y la manzana, por ejemplo, la destrucción de enemigos naturales por plaguicidas causó el incremento del gusano del algodón, gusano del tabaco, pulgón de algodón, ácaros entre otras plagas (Pimentel 2005). En Indonesia también se ha reportado algo similar. En los años de 1980 a 1985, se presentó un incremento en el uso de insecticidas en la producción de arroz, lo que causó la destrucción de los enemigos naturales en los cultivos de arroz y como consecuencia, el aumento drástico de las poblaciones de la plaga conocida como chicharrita del arroz (Oka 1991). Los resultados en la disminución de los enemigos naturales del arroz fueron devastadores, el rendimiento del arroz disminuyó de tal forma que tuvo que ser importado (Pimentel 2005). El brote de plagas que se genera por la pérdida de enemigos naturales a causa de los plaguicidas puede aumentar los costos de tratamiento de las plagas (Pimentel 2005).

Por otra parte, se estima que la acción de los parasitoides y depredadores, así como las estrategias de defensa de las plantas, representan en conjunto alrededor del 80% del control no químico de organismos plaga en los cultivos (Pimentel *et al*. 1991). Muchos controles alternativos como la rotación de cultivos, el manejo del suelo y del agua, el manejo de los fertilizantes, la época de siembra, la densidad de las plantas cultivadas, los cultivos trampa, y los policultivos ayudan a disminuir los organismos indeseados en los cultivos. Los controles alternativos al control químico, en su conjunto, pueden reducir el uso de plaguicidas en más de un 50% sin ocasionar ningún efecto negativo en el rendimiento de los cultivos (Pimentel *et al*. 1993).

Figura 2. Abeja polinizadora en un sistema sin aplicación de agroquímicos.

Los plaguicidas además de afectar a los enemigos naturales de las plagas también reducen la población de organismos benéficos que se encuentran en la naturaleza como los polinizadores y descomponedores. Las abejas, por ejemplo, son vitales para la polinización y producción de una gran cantidad de cultivos a nivel mundial, sin embargo, son extremadamente sensibles a los compuestos tóxicos de los agroquímicos que se usan en la agricultura y ganadería. Se estima que aproximadamente el 20% de todas las colonias de abejas se ven afectadas negativamente por los plaguicidas y que otro 15% de las colonias de abejas melíferas están debilitadas por los plaguicidas o por la perturbación y movimiento de las colonias cada vez que hay aplicación de un agroquímico (Pimentel 2005).

4. Contaminación ambiental

El medio ambiente también es afectado por la presencia de plaguicidas. El aire, el agua, el suelo y muchos organismos vivos son perjudicados por estos compuestos cuando son aplicados a los sistemas productivos. La contaminación del agua, por ejemplo, afecta las fuentes de agua de uso humano y diversos sistemas biológicos. Se han reportado plaguicidas en los pozos de agua que surten a la población humana de este recurso (Pimentel 2005). Lo crítico de esta situación es que, una vez el agua es contaminada, los residuos de plaguicidas permanecen por largos periodos de tiempo.

La contaminación del agua generalmente ocurre por:

- Utilizar los ríos para evacuar desechos con residuos de plaguicidas.
- Lavar el equipo de aplicación de agroquímicos directamente en las fuentes de agua o muy cerca de ellas.
- Por escorrentía.
- Por infiltración.
- Por aspersión aérea de agroquímicos en cultivos de grandes extensiones.
- Por desplazamiento del producto aplicado por causa del viento, especialmente en aplicaciones aéreas.

En los ecosistemas acuáticos, los plaguicidas causan la muerte de peces, insectos y otros organismos. Además, debido a que los residuos permanecen buen tiempo en el agua, existe el riesgo de la bioacumulación (Dalvie *et al.* 2003), la cual consiste en acumular los compuestos tóxicos en organismos vivos, de forma que éstos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en su medio o en los alimentos que han consumido.

Por lo anterior, es indispensable cambiar los hábitos de limpieza de los envases y equipos que se utilizan durante la aplicación de agroquímicos, y seguir las recomendaciones que se dan al final de este capítulo, y así ayudar a reducir la contaminación de las fuentes de agua.

Los agroquímicos también ingresan a los suelos, donde pueden ser tóxicos para los artrópodos, lombrices, hongos, bacterias y protozoarios que habitan en él. La aplicación de insecticidas, fungicidas y herbicidas reducen la diversidad de especies en el suelo, lo cual puede afectar la velocidad de descomposición de la materia orgánica, y de forma indirecta, los ciclos de nutrición del suelo (García 1997).

Figura 3. Aplicación de plaguicida directamente al suelo.

Sumado a lo anterior, la aplicación de agroquímicos genera pérdida de biodiversidad en los agroecosistemas. Algunas aves, mamíferos, ranas, sapos y otros anfibios, por ejemplo, son afectados negativamente por los compuestos tóxicos presentes en los plaguicidas. Los efectos nocivos incluyen la muerte por exposición directa, intoxicaciones por consumir alimentos u otros organismos contaminados, reducción de la supervivencia, trastornos en el desarrollo, problemas reproductivos, entre otros (Pimentel 2005). También se ha reportado el envenenamiento accidental de animales domésticos como perros y gatos.

5. Altos costos por el uso de plaguicidas

Teniendo en cuenta todos los efectos negativos que ocasionan los plaguicidas, está claro que es urgente encaminar la producción agropecuaria hacia sistemas sostenibles y amigables con la naturaleza, que incluyan por un lado la reducción drástica de la aplicación de plaguicidas tóxicos, y, por otro lado, provea de alimentos sanos a los millones de personas que habitan el planeta actualmente, y a los futuros pobladores.

Además, la aplicación de plaguicidas no necesariamente elimina o reduce las especies plagas. Diferentes investigaciones han demostrado que el porcentaje de la cantidad de agroquímicos que alcanzan a los organismos plaga que se desean controlar son realmente bajos. Estos porcentajes varían entre 0,3% y 0,1% (Pimentel 2005). Con base en esta información, vale la pena reconsiderar la utilización de otros métodos de control que sean más eficientes y no ocasionen tantos impactos negativos.

Figura 4. Manejo Integrado de Plagas MIP.

En por esto que el Manejo Integrado de Plagas – MIP, es una opción favorable para implementar en sistemas productivos, ya que utiliza diferentes métodos de control amigables con el ambiente y que, además, se ajustan adecuadamente a las condiciones específicas de cada cultivo y de cada productor. Además, en las estrategias de control que ofrece el MIP, se elimina o reduce considerablemente el uso de plaguicidas, disminuyendo de esta forma los riesgos para la salud humana y para el ambiente (para más información ver capítulo 2).

Uso adecuado de agroquímicos

Debido a la gran cantidad de efectos negativos ocasionados por los plaguicidas, y a la gravedad de los mismos, el uso de estos productos se recomienda solamente cuando NO es posible aplicar otras estrategias de control, o en combinación con otras tácticas dentro de un Manejo Integrado de Plagas (ver capítulo 2).

En ese caso, se deben seguir las siguientes recomendaciones para un buen uso de agroquímicos, que incluye desde la compra y trasporte, hasta la disposición final de los envases vacíos:

I. Transporte:

Los plaguicidas deben transportarse separados de los alimentos, en recipientes bien cerrados y protegidos para evitar derrames.

II. Almacenamiento:

- Se deben almacenar en un lugar seguro, fresco, bajo llave y fuera del alcance de niños, personas no responsables y animales.
- Deben mantenerse separados de alimentos, medicinas, ropas o utensilios domésticos, y alejados de sitios de alojamiento de personas y animales.
- No re-empacar las sustancias ni modificar las etiquetas para evitar confusiones entre quienes los aplican.

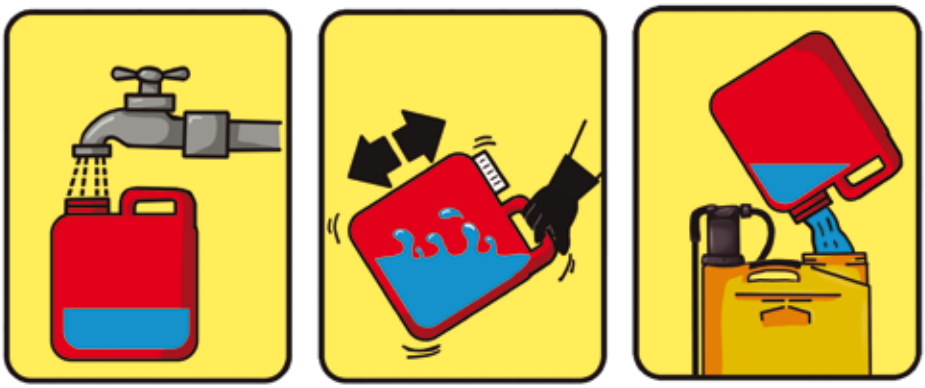
III. Aplicación de Plaguicidas y equipos de protección:

• Se deben utilizar equipos adecuados y en buen estado para la aplicación de los productos, y destinar dichos equipos sólo para este uso.
• Los implementos como baldes, embudos o tamices usados para la preparación del plaguicida NO deben ser empleados para otros propósitos como preparar o suministrar alimentos o agua para consumo animal o humano.
• Los operarios deben usar los elementos de protección personal tales como guantes, gafas, tapabocas, ropa protectora diferente a la ropa de calle y botas de goma.
• Los niños NO deben manipular los plaguicidas o los implementos usados en su aplicación.
• Suspender la aplicación cuando haya vientos moderados o fuertes, o inminencia de lluvias.
• Las personas y los animales domésticos NO deben ingresar al campo mientras se está realizando la aplicación y deben esperar hasta el día siguiente para ingresar.
• No fumar, comer o beber durante la aplicación de los plaguicidas.

• Los operarios deben estar capacitados en manejo de plaguicidas y recibir instrucciones claras sobre su método y dosis de aplicación.
• El equipo e implementos de preparación y aplicación del plaguicida deben ser lavados sin contaminar las fuentes de agua. El agua resultante del lavado debe arrojarse en el mismo sitio donde se aplicó el plaguicida.
• Si el operario siente algún malestar o signo de intoxicación durante la aplicación del plaguicida, debe suspender inmediatamente su trabajo y recibir atención médica.

IV. Manejo de Residuos y Envases

• Realizar triple lavado del envase cuando se acabe el producto, vaciar los residuos del lavado del envase en el tanque de fumigación y aplicar en campo.



• Destruir las etiquetas y perforar los envases.

• Reunir los envases y entregarlos en los sitios autorizados de cada región. En cada municipio existe un centro de acopio de envases vacíos. Acercarse a un ente municipal para averiguar dónde está el centro de acopio o cada cuánto realizan la recolección de los envases.
• No reutilizar los envases de plaguicidas para ningún otro propósito.

La poca o nula aplicación de agroquímicos dentro las prácticas agropecuarias de las fincas, favorece el establecimiento de fauna benéfica en sistemas ganaderos.

Fotografías

Karen Castaño: Figura 2 y 3.
Leidy Salamanca: Figura 1.
Fernando Uribe: Figura página 19.
Naturaleza creativa: Infografías del capítulo.

Literatura citada

Alavanja, M. C., Bonner, M. R. 2012. Occupational pesticide exposures and cancer risk: a review. Journal of Toxicology and Environmental Health 15(4): 238-263.

Dalvie, M., Cairncross, E., Solomon, A., London, L. 2003. Contamination of rural surface and ground water by endosulfan in farming areas of the Western Cape, South Africa. Environmental Health 2: 1-15

Díaz-Gómez, A. 2018. Instituto Nacional de Salud. Vigilancia y análisis del riesgo en salud pública. Informe de evento intoxicaciones por sustancias químicas, Colombia, 2017. Bogotá, Colombia. 16p.

FAO, 2012. Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. Directrices sobre la Prevención y Manejo de la Resistencia a los Plaguicidas. http://www.fao.org/3/a-bt561s.pdf

FAO, 2014. The International Code of Conduct on Pesticide Management. World Health Organization Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italia. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/CODE_2014Sep_ENG.pdf

Ferrer, A. 2003. Pesticide poisoning. Anales del Sistema Sanitario de Navarra 26: 155-171

García, J.E. Propuestas de Solución a la Problemática de los Plaguicidas. En: García, J.E. (ed). Introducción a los Plaguicidas. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 287–352pp.

Gómez, M. E., Murgueitio, E., Molina, C.H., Molina, E. J., Molina, J.P. 2002. Matarratón (*Gliricidia sepium*). En: Gómez, M. E., Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C. I., Rosales, M., Molina, C.H., Molina, C.H., Molina, E. J., Molina, J.P. (Eds) Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 3ra edición. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 13-55p.

Groth, E., Benbrook, C.M. and Lutx, K. 1999. Do you Know what you're Eating? An Analysis of U.S. Government Data on Pesticide Residues in Foods. http://www/consumers union.org/food/do you know2.htm

Gunnell D, Eddleston M, Phillips MR, Konradsen F. 2007. The global distribution of fatal pesticide self-poisoning: systematic review. BMC Public Health 7:357

Hart, K. Pimentel, D. 2002. Public health and costs of pesticides. In: Pimentel, D. (ed), Encyclopedia of Pest Management. Marcel Dekker, New York, USA. 677–679pp.

Instituto Nacional de Salud. 2010. Grupo de vigilancia y control de factores de riesgo ambiental. Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por plaguicidas. Vigilancia y Control en Salud Pública. Bogotá, Colombia. 46p.

IRAC. 2011. Prevention and management of insecticide resistance in vectors and pests of public health importance. 2nd edition. Insecticide Resistance Action Committee (IRAC), Brussels.http://www.irac-online.org/wp-content/uploads/2009/09/VM-Layoutv2.6_LR.pdf

Jaga, K., Dharmani, C. 2005. The epidemiology of pesticide exposure and cancer: A review. Reviews on Environmental Health 20(1): 15-38.

Mostafalou, S., Abdollahi, M. 2013. Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. Toxicology and Applied Pharmacology 268:157–77

Nicolopoulou-Stamati, P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P., Hens, L. 2016. Chemical Pesticides and Human Health: The Urgent Need for a New Concept in Agriculture. Frontiers in Public Health 4 (148): 1-8.

Oka, I.N. 1991. Success and challenges of the Indonesian national integrated pest management programme in the rice based cropping system. Crop Protection 10: 163–165.

Organización Panamericana de la Salud. 2002. Situación Epidemiológica de las Intoxicaciones Agudas por Plaguicidas en el Istmo Centroamericano, Boletín Epidemiológico 23 (3).

Pedrozo, M. E., Ocampos, S., Galeano, R., Ojeda, A., Cabello, A., De Assis, D. 2017. Casos de intoxicación aguda por plaguicidas en la colonia Puerto Pirapó, Itapúa, Paraguay, febrero de 2014. Biomédica 37:158-63.

Pimentel, D. 2005. Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. En: R. Peshin, Dhawan, A.K. (eds.). Integrated Pest Management: Innovation-Development. 89-111pp.

Pimentel, D. 2009. Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. En: Peshin, R., Dhawan, A.K. (eds.). Integrated Pest Management: Innovation-Development. 89-111p.

Pimentel, D., McLaughlin, L., Zepp, A., Latikan, B., Kraus, T., Kleinman, P., Vancini, F., Roach, W.J., Graap, E., Keeton, W.S. and Selig, G. 1991. Environmental and economic impacts of reducing U.S. agricultural pesticide use. In: Pimentel, D. (ed), Handbook on Pest Management in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 679–718pp.

Pimentel, D., McLaughlin, L., Zepp, A., Lakitan, B., Kraus, T., Kleinman, P., Vancini, F., Roach, W.J., Graap, E., Keeton, W.S., Selig, G. 1993. Environmental and economic effects of reducing pesticide use in agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment 46: 273–288.

Rojas, F., Vásquez, L. 2011. Uso y manejo seguro de plaguicidas en el cultivo del cacao. Federación Nacional de Cacaoteros, Fondo Nacional del Cacao. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. 28p.

Siniard, D.J., Wade, M. J., Drury, D. W. 2016. Evolutionary Genetics of Insecticide Resistance and the Effects of Chemical Rotation. http://dx.doi.org/10.1101/072520

Stuart, S. 2003. Development of Resistance in Pest Populations. http://www.nd.edu/chem191/e2.html

Tabares, J., López, Y. 2011. Salud y riesgos ocupacionales por el manejo de plaguicidas en campesinos agricultores, municipio de Marinilla, Antioquia, 2009. Revista Facultad Nacional de Salud Pública 29 (4): 432-444.

UNEP. 1979. The State of the Environment: Selected Topics-1979. Nairobi: United National Environment Programme, Governing Council, Seventh Session.

Weichenthal, S., Moase, C., Chan, P. 2010. A review of pesticide exposure and cancer incidence in the Agricultural Health Study cohort. Environmental Health Perspectives 118(8): 1117-1125.

World Health Organization-WHO. 1990. Public Health impact of pesticides used in agriculture. World Health Organization & United Nations Environment Programme. 128p. https://apps.who.int/iris/handle/10665/39772

ISBN: 978-958-9386-92-7