

**AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TEXTO COMPLETO**

Puerto Colombia, 23 de Abril de 2020

Señores

**DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS**

Universidad del Atlántico

**Asunto: Autorización Trabajo de Grado**

Cordial saludo,

Yo, **LADY EMELINA MORELO SÁNCHEZ**, identificado(a) con **C.C. No. 1.042.452.277** de **SOLEDAD**, autor(a) del trabajo de grado titulado **ENSAMBLAJES DE HORMIGAS EN TRES ELEMENTOS DE PAISAJE EN FINCAS GANADERAS DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO Y APROXIMACIÓN A SU POTENCIAL DEPREDADOR** presentado y aprobado en el año **2019** como requisito para optar al título Profesional de **BIÓLOGO**; autorizo al Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico para que, con fines académicos, la producción académica, literaria, intelectual de la Universidad del Atlántico sea divulgada a nivel nacional e internacional a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios del Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web institucional, en el Repositorio Digital y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad del Atlántico.
- Permitir consulta, reproducción y citación a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Esto de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Atentamente,

Firma



**LADY EMELINA MORELO SÁNCHEZ**  
**C.C. No. 1.042.452.277 de SOLEDAD**

**DECLARACIÓN DE AUSENCIA DE PLAGIO EN TRABAJO ACADÉMICO PARA GRADO**

*Este documento debe ser diligenciado de manera clara y completa, sin tachaduras o enmendaduras y las firmas consignadas deben corresponder al (los) autor (es) identificado en el mismo.*

Puerto Colombia, **23 de Abril de 2020**

Una vez obtenido el visto bueno del director del trabajo y los evaluadores, presento al **Departamento de Bibliotecas** el resultado académico de mi formación profesional o posgradual. Asimismo, declaro y entiendo lo siguiente:

- El trabajo académico es original y se realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, en consecuencia, la obra es de mi exclusiva autoría y detento la titularidad sobre la misma.
- Asumo total responsabilidad por el contenido del trabajo académico.
- Eximo a la Universidad del Atlántico, quien actúa como un tercero de buena fe, contra cualquier daño o perjuicio originado en la reclamación de los derechos de este documento, por parte de terceros.
- Las fuentes citadas han sido debidamente referenciadas en el mismo.
- El (los) autor (es) declara (n) que conoce (n) lo consignado en el trabajo académico debido a que contribuyeron en su elaboración y aprobaron esta versión adjunta.

Título del trabajo académico:	<b>ENSAMBLAJES DE HORMIGAS EN TRES ELEMENTOS DE PAISAJE EN FINCAS GANADERAS DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO Y APROXIMACIÓN A SU POTENCIAL DEPREDADOR</b>
Programa académico:	<b>BIOLOGÍA</b>

Firma de Autor 1:							
Nombres y Apellidos:	<b>LADY EMELINA MORELO SÁNCHEZ</b>						
Documento de Identificación:	CC	X	CE	PA	Número:	<b>1.042.452.277</b>	
Nacionalidad:					Lugar de residencia:		
Dirección de residencia:							
Teléfono:					Celular:		



**FORMULARIO DESCRIPTIVO DEL TRABAJO DE GRADO**

<b>TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO</b>	<b>ENSAMBLAJES DE HORMIGAS EN TRES ELEMENTOS DE PAISAJE EN FINCAS GANADERAS DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO Y APROXIMACIÓN A SU POTENCIAL DEPREDADOR</b>
<b>AUTOR(A) (ES)</b>	<b>LADY EMELINA MORELO SÁNCHEZ</b>
<b>DIRECTOR (A)</b>	<b>YAMILETH DOMÍNGUEZ HAYDAR</b>
<b>CO-DIRECTOR (A)</b>	<b>-</b>
<b>JURADOS</b>	<b>SANDY GARCÍA CARLOS PRIETO MARTÍNEZ</b>
<b>TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE</b>	<b>BIÓLOGO(A)</b>
<b>PROGRAMA</b>	<b>BIOLOGÍA</b>
<b>PREGRADO / POSTGRADO</b>	<b>PREGRADO</b>
<b>FACULTAD</b>	<b>CIENCIAS BÁSICAS</b>
<b>SEDE INSTITUCIONAL</b>	<b>UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO SEDE PUERTO COLOMBIA</b>
<b>AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO</b>	<b>2019</b>
<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>	<b>63 PG.</b>
<b>TIPO DE ILUSTRACIONES</b>	<b>ILUSTRACIONES, MAPAS, TABLAS, GRÁFICOS, DIAGRAMAS Y FOTOGRAFÍAS</b>
<b>MATERIAL ANEXO (VÍDEO, AUDIO, MULTIMEDIA O PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA)</b>	<b>NO APLICA</b>
<b>PREMIO O RECONOMIENTO</b>	<b>TRABAJO FINANCIADO POR LA FEDERACIÓN COLOMBIANA DE GANADEROS  PREMIO FRANCISCO LUÍS GALLEGO – MEJOR TRABAJO PREGRADO 2018 CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA</b>



**ENSAMBLAJES DE HORMIGAS EN TRES ELEMENTOS DE PAISAJE EN FINCAS  
GANADERAS DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO Y APROXIMACIÓN A SU  
POTENCIAL DEPREDADOR.**

**LADY EMELINA MORELO SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
2019  
BARRANQUILLA**



**ENSAMBLAJES DE HORMIGAS EN TRES ELEMENTOS DE PAISAJE EN FINCAS  
GANADERAS DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO Y APROXIMACIÓN A SU  
POTENCIAL DEPREDADOR.**

**LADY EMELINA MORELO SÁNCHEZ**

**Proyecto de trabajo de grado**

**Para optar al título de:**

**Biólogo**

**Directora**

**Yamileth Domínguez Haydar PhD**

**UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA**

**2019**

**BARRANQUILLA**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Barranquilla, 2019

*A Dios, padre todopoderoso, mi guía y luz en este camino.*

*A Nubia del Carmen Sánchez Trujillo mi madre, por ser el pilar más fuerte e importante de mi vida, mis hermanos Carmen Andrea Morelo, Karelyn Morelo, Jesús Morelo y Juan Cantillo por ser mi apoyo y Teresa Trujillo Navarro, mi abuela y mi ángel en el cielo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por todos los dones otorgados, la sabiduría, entendimiento, fortaleza y paciencia para culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre, Nubia Sánchez, por todo su amor y apoyo incondicional siempre, por aprender conmigo, por sentirse feliz y orgullosa de mí. A mis hermanas Carmen Andrea, Karelyn Paola y Jesus David por quererme siempre e impulsarme a continuar y culminar. A mi hermano Juan Cantillo por siempre estar ahí, creciendo y aprendiendo de mí. A mi abuela Deyanira Espitia, mi tía Stella Espinel, Gricela Estrada y mi padre Remberto Morelo, por apoyarme.

A mi directora de tesis Yamileth Domínguez, por su paciencia, comprensión y cariño durante la carrera y trabajo de grado. Por ser una maravillosa persona, guía y ejemplo a seguir.

A mis compañeros del programa de Biología, quienes me acompañaron durante la carrera, en especial a mis amigas Jennifer Altamar, Rosa Arrieta y Niny Suarez por su apoyo constante.

A los integrantes del Laboratorio Gehana de la Universidad del Valle por acobijarme y brindarme un espacio para aprender y crecer como profesional y persona, en especial a Leonardo Rivera por su paciencia y enseñanzas

A Adrian Nicolas Velasco y toda su familia, por sacarme sonrisas en momentos de tensión.

A todos los dueños de las fincas y a quienes ayudaron en la realización de esta tesis

A mi alma Mater, la Universidad del Atlántico por todos los conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional.

A Fedegan por la financiación de este trabajo.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1. Ganadería convencional .....	5
2.1.1. Los modelos ganaderos convencionales y el ecosistema .....	5
2.1.2. <i>Musca domestica</i> en modelos ganaderos convencionales .....	5
2.2. Modelos sustentables de ganadería .....	7
2.2.1. Sistemas silvopastoriles .....	7
2.2.2. Hormigas como bioindicadores de la calidad de hábitat y su aporte al control biológico de especies .....	9
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
3.1. Objetivo General .....	11
3.2. Objetivos Específicos .....	11
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>12</b>
4.1. Área de estudio .....	12
4.2. Diseño de muestreo .....	13
4.2.1. Evaluación del ensamblaje de hormigas.....	13
4.2.2. Evaluación del potencial depredador por parte de hormigas sobre <i>Musca domestica</i> .....	15
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>20</b>
5.1. Evaluación del ensamblaje de hormigas.....	20
5.1.1. Composición y riqueza de hormigas .....	20
5.1.2. Perfil de diversidad .....	22
5.1.3. Patrones de abundancia.....	25
5.1.4. Distribución espacial de las especies y su relación de las variables ambientales .....	26
5.2. Potencial depredador por parte de hormigas sobre <i>Musca domestica</i> .....	30
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	<b>32</b>
6.1. Diversidad de hormigas .....	32
6.2. Potencial depredador .....	35
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>38</b>
<b>8. ANEXOS</b> .....	<b>39</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>41</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Referencias geográficas y nombres de las fincas ganaderas a estudiar .....	<b>12</b>
<b>Tabla 2.</b> Frecuencia de captura de las especies de hormigas colectadas en los tres elementos del paisaje,, zr: zona en regeneración, Ssp: sistemas silvopastoriles y po: potrero en fincas ganaderas del departamento del Atlántico. Abr: Abreviatura .....	<b>20</b>
<b>Tabla 3.</b> Resultados obtenidos de estimadores de la riqueza no paramétrico empleados para cada elemento del paisaje .....	<b>21</b>
<b>Tabla 4.</b> Listado de gremios tróficos de hormigas reportados para el estudio. ....	<b>24</b>
<b>Tabla 5.</b> Valores promedios de densidad aparente y resistencia a la penetración para los tres elementos en cada una de las fincas estudiadas .....	<b>28</b>
<b>Tabla 6.</b> Porcentajes de arena (A), limos (L), arcilla (Ar) y tipo de texturas para cada elemento del paisaje evaluado.....	<b>28</b>
<b>Tabla 7.</b> Valores promedios de cobertura y altura de la hojarasca para los elementos evaluados .....	<b>29</b>
<b>Tabla 8.</b> Prueba de Tukey para los ensayos de depredación, en función al número de remociones, hormigas y tiempo de llegada entre los elementos del paisaje, Po: potrero; Ssp: Sistema silvopastoril y Zr: Zona en regeneración. Los valores están dados en escala logarítmica. SE, Error estándar.....	<b>31</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Musca domestica</i> L. El adulto de <i>M. domestica</i> mide entre 9-10 mm. <b>A.</b> Vista dorsal de un adulto, presentan un par de alas desarrolladas, el otro par se encuentra reducido a una estructura denominada hamuli, característica típica de los dípteros. <b>B.</b> Vista lateral de <i>M. domestica</i> . Se puede observar el aparato bucal lamedor-chupador, que le permite succionar los líquidos y secreciones de los que se alimenta. <b>C.</b> Acercamiento del aparato bucal de <i>M. domestica</i> . .....	<b>6</b>
<b>Figura 2.</b> Ciclo de vida de <i>Musca domestica</i> L. Este ciclo de vida dura alrededor 10 días, siendo favorecido por temperaturas cálidas. La hembra oviposita en promedio 75-150 huevos. Los dos primeros estadios larvales se desarrollan en las primeras 24 horas, mientras que el último estadio larval tarda en desarrollarse dos días aproximadamente, hasta convertirse en una pupa, la cual eclosiona a los 4 o 5 días. ....	<b>7</b>
<b>Figura 3.</b> Mapa del departamento del Atlántico con la ubicación de las fincas a muestrear en cada municipio .....	<b>12</b>
<b>Figura 4.</b> Elementos de paisaje identificados en cada una de las fincas a muestrear. A. Zona en regeneración. B. Zona de uso de suelo sin cobertura de árboles (potrero). C. Sistema silvopastoril. ....	<b>14</b>
<b>Figura 5.</b> Arreglo espacial del transecto utilizado para evaluar la respuesta del ensamblaje de hormigas. ....	<b>14</b>
<b>Figura 6.</b> Trampas utilizadas para los muestreos de ensamblaje de hormigas. A. Saco mini-Winkler, con un frasco al final que contiene una solución de jabón líquido, agua y alcohol, en donde caerán los insectos del cernido de hojarasca. B. Cernidor de hojarasca Winkler. C. Trampa Pitfall o trampa de caída. El vaso contiene una solución de agua con sal y jabón líquido.....	<b>15</b>
<b>Figura 7.</b> Arreglo espacial de los transectos utilizados para realizar el experimento de remoción y depredación de larvas de <i>M. domestica</i> en tres elementos del paisaje en una finca ganadera. ....	<b>16</b>
<b>Figura 8.</b> Curva de acumulación de especies observada y estimada para el total de los muestreos.....	<b>22</b>
<b>Figura 9.</b> Curvas de interpolación de la diversidad de hormigas en tres elementos del paisaje, en función a los números de Hill. <b>0D: riqueza de especies, 1D: exponencial del índice de Shannon, 2D: inverso del índice de Simpson. ZR: zona en regeneración, SSP: sistema silvopastoril, POT: potrero..</b> .....	<b>23</b>

<b>Figura 10.</b> Agrupación de gremios por elementos del paisaje... ..	<b>25</b>
<b>Figura 11.</b> Rango-abundancia de los ensamblajes de hormigas estudiados y cambios en la composición de especies en los tres elementos. La abundancia de especies se encuentra representada en escala logarítmica. En negrilla las especies consideradas indicadores positivos de biodiversidad.. ..	<b>26</b>
<b>Figura 12.</b> Análisis nMDS (Non-metric multidimensional scaling), utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis, de los tres elementos del paisaje estudiados en fincas ganaderas (Potreros: HPOT, BPOT y TPOT; Zona en regeneración: HZR, BZR y TZR; Sistemas silvopastoriles: HSSP, BSSP y TSSP).. ..	<b>27</b>
<b>Figura 13.</b> Asociación de los ensamblajes de hormigas y las variables ambientales por análisis de correspondencia canónica (ACC) en los elementos del paisaje estudiados: Potreros (HP, BP y TP), Zona en regeneración: (HZr, BZr y TZr) y Sistemas silvopastoriles: (HSsp, BSsp y TSsp) y la distribución de sus especies. Abreviaturas de las especies: <b>Ver tabla general.</b> .....	<b>29</b>
<b>Figura 14.</b> Cantidad recurso removido (barras) y número de hormigas (Línea) reportado para cada elemento del paisaje evaluado en los ensayos de depredación .....	<b>30</b>

## 1. RESUMEN

Con el fin de evaluar el impacto del programa Ganadería Colombiana Sostenible (Fedegan) sobre la recuperación de la biodiversidad en el departamento del Atlántico y la recuperación de las funciones ecológicas, se analizó la composición de hormigas y su potencial depredador sobre fases larvales de *Musca domestica* en tres elementos del paisaje: sistema silvopastoril (Ssp), zona en regeneración (Zr) y potrero (Po). Para la evaluación de la composición fueron seleccionadas tres fincas ganaderas ubicadas en los municipios de Luruaco, Piojó y Baranoa donde se realizaron tres muestreos utilizando trampas de caída y Winkler. Para los análisis se realizaron curvas de acumulación de especie, curvas de rango abundancia, nMDS y ACC. Para la evaluación del potencial depredador se seleccionó una finca ganadera ubicada en el municipio de Baranoa donde se realizaron tres muestreos utilizando cebos de estiércol sembrados con cinco larvas de *M. domestica*. A los datos obtenidos se le realizaron análisis con modelos generalizados mixtos. Se capturó un total de 44 especies, 34 para el Ssp, 30 para la Zr y 22 para el Po. Se encontró que el ensamblaje de hormigas presente en los Pot difiere de los demás elementos del paisaje debido a la simplificación de la vegetación, soportando una riqueza de hormigas de hábitos generalistas como *Dorymyrmex biconis*, *Tapinoma melanocephalum* y *Solenopsis geminata*. El Ssp presentó una mayor similitudlaridad con la Zr. En estos sitios se hallan hormigas con hábitos especialistas (depredadoras de semillas, necrófagas) y depredadoras como *Pachycondila harpax*, *Anochetus neglectus*, *Odontomachus bauri*, *Labidus coecus* y *Neivamyrmex pilosus*, y atinas cripticas como *Cyphomyrmex major* y *Trachymyrmex bugnioni*, que pueden prestar funciones ecológicas importantes en el ecosistema. Para los experimentos de depredación, tres especies se reportaron en los cebos: *Ectatomma ruidum*, *Pheidole* sp. y *Odontomachus bauri*, siendo solo *E. ruidum* quien realizó actividades de remoción. Del total de las larvas ofrecidas (1350) 602 fueron removidas. El elemento que presentó la mayor remoción de larvas fue la Zr (338), seguido del Ssp (252) y Pot (12). Los elementos evaluados presentaron diferencias en las actividades de remoción, en donde el Pot presentó diferencias con el Ssp y la Zr, evidenciando que las condiciones del sitio influyen en la prestación de dichas funciones. La presencia de asociaciones vegetales y dosel amplio en los Ssp, los convierte en espacios ideales para el establecimiento y permanencia de fauna que prestan funciones útiles como el manejo de plagas. *Ectatomma ruidum*, hormiga cuyo hábito depredador ha sido reportado, podría contribuir a la depredación de *M. domestica* en sistemas de explotación sostenibles, actividad que podría estar asociada

al tipo de ambiente y disponibilidad de recursos en el medio. Todo lo anterior hace de los Ssp una alternativa sostenible para explotaciones ganaderas.

**Palabras claves:** Bioindicación, Diversidad, Restauración, Sistemas silvopastoriles, Musca domestica, Control.

## 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en Colombia se caracteriza por modelos convencionales con potreros sin árboles, compuestos por una matriz homogénea de monocultivos de pastos, los cuales promueven la degradación de ecosistemas, la pérdida de recursos (Andrew 1988, Murgueitio *et al.* 2015, Mora *et al.* 2017), de la biodiversidad y de servicios ecosistémicos (Vázquez & Zulaica 2013). De acuerdo al IGAC, el departamento del Atlántico cuenta con 28 mil hectáreas disponibles para uso ganadero de tipo intensivo o extensivo, equivalentes al 8,6% de la extensión total, sin embargo, actualmente se hacen uso de 144 mil hectáreas de suelo (43,5%), lo que desafortunadamente se traduce en el uso desmesurado de la tierra e incremento en los costos de producción para el mantenimiento de estas praderas ubicadas en terrenos no aptos para la ganadería en el departamento, la cual es catalogada como extralimitada por la sobrecarga animal (Fedegan & FNG 2014, IGAC 2017).

Estos modelos convencionales favorecen la ocurrencia de problemas sanitarios provocados por ectoparásitos como moscas y garrapatas, los cuales afectan el bienestar animal (Gutiérrez 2006, Garzón 2011, Salazar *et al.* 2016), generando pérdidas económicas importantes y disminuyendo la producción de leche y carne (Bedolla & Ponce de León 2008, Toro 2011). Dentro de las moscas se destaca el múscido *Musca domestica* (Linné 1758), un díptero plaga que genera un fuerte impacto en la ganadería con una alta tasa de infestación y difícil control (Salas & Larraín 2008). *Musca domestica* genera especialmente afecciones en las zonas donde se producen secreciones como ojos, ubres, ano, zonas genitales y heridas, transmitiendo así enfermedades como salmonelosis, ántrax, mastitis, queratoconjuntivitis, cólera y botulismo (Nazni *et al.* 2005, Bahrndorff *et al.* 2017).

Ante esta problemática, los sistemas silvopastoriles (Ssp), un tipo de sistema agroforestal más sustentable, ha mostrado efectos positivos sobre la diversidad biológica, contribuyendo al aumento de la macrofauna del suelo y los servicios ecológicos como el control biológico de especies plagas (Chamorro *et al.* 2006, Crespo 2008, Basto-Estrella *et al.* 2012, Calle *et al.* 2012, Rivera *et al.* 2013). La diversidad funcional presente en estos Ssp ayudaría a controlar las poblaciones de plagas (Mariategui *et al.* 2002), en especial de moscas domésticas presentes en las fincas, teniendo un significativo impacto económico (Mahecha 2002, Alonso 2011).

Las acciones de rehabilitación ecológica necesitan ser monitoreadas con el fin de evaluar su impacto sobre diferentes componentes de los ecosistemas (Vargas 2011). Las hormigas

(Hymenoptera: Formicidae) han sido ampliamente utilizadas como indicadores biológicos importantes de biodiversidad, perturbación y rehabilitación de ecosistemas, gracias a su diversidad taxonómica y funcional (Fernández 2003), encontrándose una variación de su riqueza y abundancia en los sistemas agroforestales en comparación con bosques, siendo útil para determinar el manejo de hábitats y planificación adecuada del uso de suelo (Roth *et al.* 1994).

En sistemas de explotación sostenible se reporta la recuperación de múltiples funciones ecológicas prestadas por las hormigas, en especial el potencial depredador sobre distintas especies plagas que tienen impactos económicos fuertes en sistemas de explotación sostenibles, depredando larvas y/o huevos, y de esta manera contribuyendo al control o disminución de sus poblaciones (Way *et al.* 1989, Varón *et al.* 2005, Vélez *et al.* 2006, Mgocheki & Addison 2009)

En el país, el programa Ganadería Colombiana Sostenible busca reconvertir áreas de potreros convencionales a sistemas silvopastoriles, se requiere por tanto evaluar el impacto de estos sistemas sobre la recuperación de la biodiversidad del suelo, y el restablecimiento de algunas funciones ejercidas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Ganadería convencional

#### 2.1.1. Impacto de los modelos ganaderos convencionales

La ganadería es una de las principales actividades económicas en Latinoamérica exhibiendo un acelerado desarrollo y tecnificación (FAO 2014). Sin embargo, presenta una baja productividad y rentabilidad económica debido a diversos factores como la raza del ganado utilizada para el pastoreo, el manejo inadecuado de los potreros y el uso de pastos con bajo valor nutricional (Barahona & Sánchez 2005, Ríos *et al.* 2006, Hernández *et al.* 2017, Veissier *et al.* 2017).

Por otro lado, el acelerado proceso de deforestación de bosques nativos para la ampliación de la frontera agropecuaria, cuyo principal final es la creación de potreros trae consecuencias negativas importantes como la pérdida de fuentes de agua, regulación de procesos climáticos y amortiguamiento de eventos naturales como inundaciones y sequías (Steinfeld *et al.* 2009, Silva *et al.* 2016).

La simplificación de estos ecosistemas en términos de vegetación contribuye a la pérdida o disminución de la biodiversidad benéfica que cumplen funciones ecológicas importantes (Martínez & Lumaret 2006), haciendo más propenso a plagas estos sistemas debido al desequilibrio ecológicos de especies (Quintanilla 2000, Gutiérrez 2006, Castillo *et al.* 2012). Es por esto que en los modelos convencionales se favorece la ocurrencia de problemas sanitarios como los provocados por ectoparásitos (moscas y garrapatas), que pueden tener efectos desfavorables en el ganado (Rodríguez-Vivas & Domínguez-Alpizar 1998).

#### 2.1.2. *Musca domestica* en modelos ganaderos convencionales

En las regiones más cálidas de Colombia, se considera la ectoparasitosis como un problema recurrente en modelos ganaderos convencionales y el principal problema sanitario causante de pérdidas económicas importantes (Cortés *et al.* 2010, Zapata 2012, Astaíza *et al.* 2017). En la región Caribe las condiciones ambientales (altas temperatura y humedad) sumado a las condiciones de los potreros convencionales favorece la multiplicación de estos ectoparásitos, especialmente de moscas y garrapatas los cuales son transmisores de enfermedades (Cortinas 2006, Solano 2010, Pascoeti *et al.* 2016).

La mosca *Musca domestica* (Linné 1758) (Diptera: Muscidae) (Fig. 1), se reporta como uno de los insectos plagas de mayor afectación al ganado después de las garrapatas y es común encontrarla reposando sobre cualquier parte del ganado de manera constante,

ocasionando al animal estrés y distracción, sin que pueda alimentarse ni descansar con tranquilidad (Benavides *et al.* 2011).

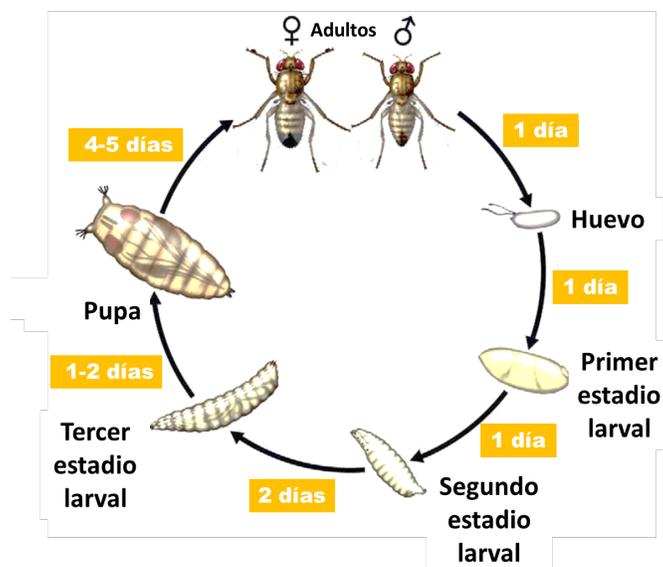


Tomado de: University of Florida. [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/flies/horn\\_fly.html](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/flies/horn_fly.html).

**Figura 1.** *Musca domestica* L. El adulto de *M. domestica* mide entre 9-10 mm. **A.** Vista dorsal de un adulto, presentan un par de alas desarrolladas, el otro par se encuentra reducido a una estructura denominada hamuli, característica típica de los dípteros. **B.** Vista lateral de *M. domestica*. Se puede observar el aparato bucal lamedor-chupador, que le permite succionar los líquidos y secreciones de los que se alimenta. **C.** Acercamiento del aparato bucal de *M. domestica*.

Además de generar molestias, *Musca domestica* es un vector mecánico de múltiples enfermedades debido a sus hábitos de alimentarse de materiales en descomposición (Béjar *et al.* 2006, Fernández *et al.* 2013), transmitiendo enfermedades a través de sus patas, aparato bucal, al regurgitar el alimento o al defecar (Keiding 1986).

La alta prevalencia de *M. domestica* en sistemas de explotación convencionales se debe a su ciclo de vida (Fig. 2) y la resistencia que presenta hacia algunos plaguicidas que solo afectan la fase adulta del insecto (Abbas *et al.* 2016, González *et al.* 2016), dejando de lado las larvas y huevo de *M. domestica*, haciendo necesario el uso de estrategias integradas (control químico, biológico, biotecnológico y cultural) para realizar un manejo efectivo de sus poblaciones.



Tomado de Álvarez, S. 2008. *Medicina General Integral. Salud y medicina. Tomo I. La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas.*

**Figura 2.** Ciclo de vida de *Musca domestica* L. Este ciclo de vida dura alrededor 10 días, siendo favorecido por temperaturas cálidas. La hembra oviposita en promedio 75-150 huevos. Los dos primeros estadios larvales se desarrollan en las primeras 24 horas, mientras que el último estadio larval tarda en desarrollarse dos días aproximadamente, hasta convertirse en una pupa, la cual eclosiona a los 4 o 5 días.

## 2.2. Modelos sustentables de ganadería

### 2.2.1. Sistemas silvopastoriles

El interés por la aplicación de sistemas de conservación y manejo de recursos más amigables con el medio que a su vez permitiera una explotación económica rentable, dio como respuesta la formación de un sistema de uso de suelo multipropósito que permite combinar intereses ecológicos, técnicos, económicos y sociales; bajo este contexto estos sistemas fueron denominados sistemas agroforestales (Beer *et al.* 2003, Montagnini *et al.* 2015).

La aplicación de estos sistemas agroforestales a sistemas de explotación pecuaria se denominan sistemas silvopastoriles (Ssp) (Iglesias *et al.* 2006, López-Vigoa *et al.* 2017), que se definen como sistemas integrales en el que interactúan plantas leñosas y perennes con los componentes tradicionales de la ganadería (herbáceas junto a la presencia de animales bovinos, ovinos y caprinos) (Mahecha 2002, Alonso 2011, Chander & Prasad

2018), permitiendo una mayor disponibilidad de alimentos y oferta de sombra para el ganado (Ibrahim *et al.* 2007, Nahed-Toral *et al.* 2013).

En contraste con potreros manejados convencionalmente, los Ssp han demostrado mejorar la productividad en los sistemas de explotación, reduciendo los factores estresantes que afectan la producción, como la temperatura y la humedad relativa del ambiente (estrés calórico y control de la homeostasis), gracias a su oferta de sombra y cobertura del suelo (De Araujo *et al.* 2011), incrementando la ingesta de alimento por parte del ganado, que a su vez aumenta la producción de leche y carne.(García & Ibrahim 2013, Barragán *et al.* 2017).

Estos sistemas además de aumentar la productividad, proveen múltiples beneficios ambientales aumentando la fertilidad, fijación de nitrógeno (N) y reciclaje de fósforo (P) gracias a la profundidad de las raíces de los árboles en el suelo y a los microorganismos asociados (Vallejo 2013, Vallejo *et al.* 2018). Por otro lado, la cobertura permanente y presencia de árboles con dosel amplio, arbustos y otras asociaciones vegetales, permiten la formación de microclimas (Mora 2015, Navia *et al.* 2017), haciendo de los Ssp espacios con una alta complejidad biológica, ideales para el establecimiento y soporte de la biodiversidad asociada como insectos, aves y mamíferos (Rodríguez *et al.* 2002, Pérez *et al.* 2005, Ibrahim *et al.* 2006, Pérez *et al.* 2006, Fajardo *et al.* 2009, Vela-Vargas & Pérez-Torres 2012, Gonzáles-Valdivia *et al.* 2014, Verzero *et al.* 2014, Aguilar *et al.* 2017, Cabrera-Dávila *et al.* 2017, Sánchez & Reinés 2018).

En los Ssp los escarabajos y las hormigas son reportados como los insectos con mayor abundancia, en especial los de hábitos depredadores, polinizadores, descomponedores de la materia orgánica, coprófagos y micófagos (Sánchez & Milera 2002, Sanabria *et al.* 2008, Alonso *et al.* 2011, Escobar *et al.* 2017), aportando a procesos de reciclaje, remoción de estiércol, dispersión de semillas, aireación del suelo y control de poblaciones plaga (Fernández 2003, Nichols *et al.* 2008). Esta última función puede ser ejercida por las hormigas (Lattke 2003), lo que abre la posibilidad de que estas puedan depredar huevos, estadios larvales y pupas de *M. domestica* y así contribuir al control biológico de las poblaciones en sistemas ganaderos.

### **2.2.2. Hormigas como bioindicadores de la calidad de hábitat y su aporte al control biológico de especies**

Las comunidades que conforman la macrofauna edáfica del suelo, evidencian una variación en términos de composición y abundancia de acuerdo a los distintos usos de suelo y coberturas (Cabrera-Dávila *et al.* 2011, Gómez *et al.* 2016, Cabrera-Dávila *et al.* 2017). En áreas de bosque la distribución espacial de la macrofauna se hace más heterogénea y abundante, gracias a diversas condiciones como la calidad de la hojarasca producida, la temperatura del suelo y la humedad. Por el contrario, en zonas con bajas coberturas las distribuciones espaciales son más uniformes en todo el ecosistema y las abundancias disminuyen (De la Rosa & Negrete-Yankelevich 2011, Escobar *et al.* 2017).

Dentro de la macrofauna del suelo, se destaca la familia Formicidae, siendo común entre sistemas con alta y bajas coberturas; sin embargo, su composición, distribución espacial y abundancia varían en torno a los usos del suelo (De la Rosa & Negrete-Yankelevich 2011, Pérez-Toledo *et al.* 2016). En las áreas de bosque se observa una alta diversidad de hormigas, reportándose una mayor cantidad de especies exclusivas, por el contrario, en zonas de explotación en donde la matriz es dominada principalmente por monocultivos se observa un efecto desfavorable en la diversidad de hormigas, disminuyendo su riqueza y abundancia (Pashanasi 2001; Rivera & Ambrecht 2005, Guzmán-Mendoza *et al.* 2014).

Es por esto que las hormigas son utilizadas como indicadores ecológicos del estado de los ecosistemas. En sistemas de explotación la respuesta de los ensamblajes de hormigas permite conocer la influencia de las condiciones del sitio sobre las comunidades presentes (Feinsinger 2001, Cabrera-Dávila *et al.* 2017), además reflejan las respuestas de muchos otros grupos asociados al sitio estudiado, como escarabajos, colémbolos y otras hormigas, que son considerados parte importante de la integridad ecológica, ejerciendo además un importante papel como indicadores de biodiversidad (Arcila & Lozano-Zambrano 2003).

Comprendiendo esto se puede determinar de acuerdo a los grupos funcionales que conforman el ensamblaje (Andersen 1997), si se está promoviendo el restablecimiento de algunas funciones ecológicas importantes, como la dispersión de semillas, polinización, herbivoría, fertilización orgánica, reciclaje de nutrientes y depredación (Fortanelli & Servín 2002, Escobar *et al.* 2007, Jiménez *et al.* 2008, De Vega & Gómez 2014). Estas funciones pueden ser interpretadas como indicadores del equilibrio (salud) de los ecosistemas? y heterogeneidad de las poblaciones presentes.

La recuperación de algunas de estas funciones puede ser útil en sistemas de explotación sostenibles como es el caso del potencial depredador, el cual es atribuido principalmente a las hormigas cazadoras (ponerinas) (Keller 2011). Aunque hay reportes en donde se observa que géneros pertenecientes a la subfamilia Myrmicinae como *Solenopsis*, *Wasmannia* y *Pheidole* contribuyen a la depredación de huevos o estadios larvales de especies plagas (Way *et al.* 1989, Vélez *et al.* 2006).

El potencial depredador de las hormigas en sistemas de explotación sostenibles ha sido reportado en múltiples ocasiones, ejerciendo su acción sobre estadios de insectos plagas, como la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Way *et al.* 1989, Vélez *et al.* 2006), el salivazo de los pastos, *Aeneolamia varia* (Medina 1995), el piojo harinoso, *Planococcus ficus* (Mgocheki & Addison 2009), el barrenador de las micelas, *Hypsipyla grandella* (Varón *et al.* 2005) y raíces, *Sagalassa valida* (Jaffe *et al.* 1990, Sarmiento *et al.* 2005), el chinche de encaje de la palma, *Leptopharsa gibbicularina* (Montañez *et al.* 1997), la psila, *Psylla pyri* (Paulson & Akre 1992) y la mosca de las frutas, *Drosophila melanogaster* (Gomes *et al.* 2009).

Comprender la importancia de la recuperación del ensamblaje de hormigas en conjunto con funciones ecológicas como el potencial depredador en los Ssp avala el uso de prácticas ganaderas más sustentables (Badii & Abreu 2006, Saueressig 2007), lo que garantiza la gestión y conservación de recursos en sistemas productivos.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General

Evaluar la variación de los ensamblajes de hormigas y su potencial depredador en tres elementos del paisaje (sistema silvopastoril, potrero y zona en regeneración) en fincas ganaderas del departamento del Atlántico.

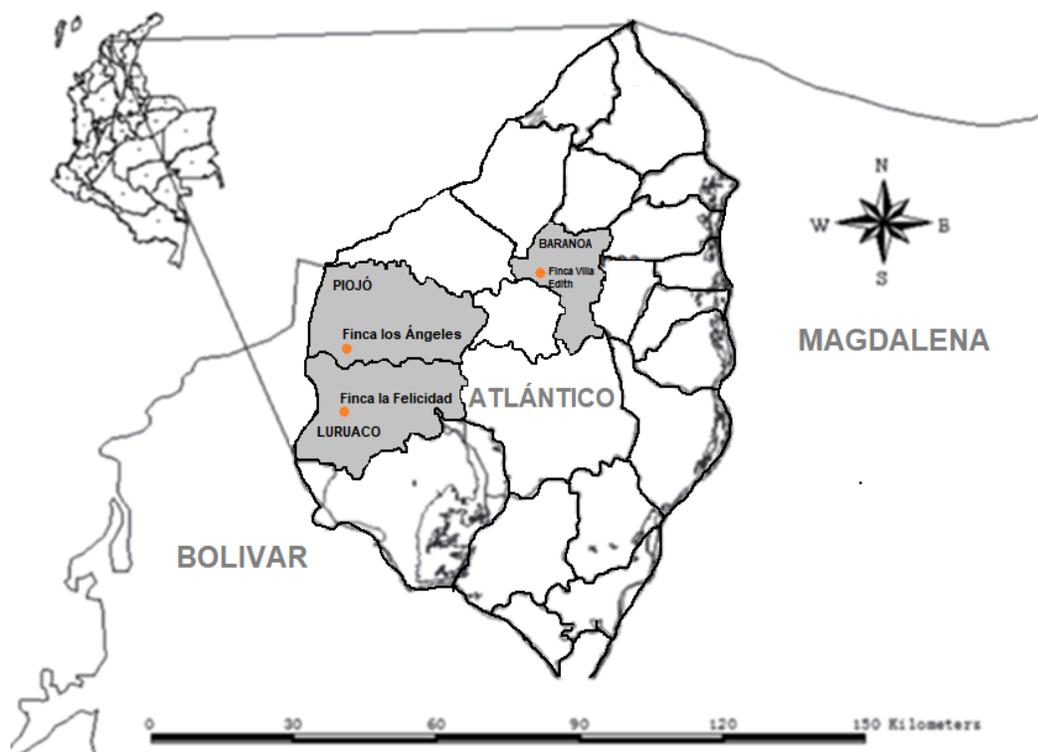
#### 3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la variación espacial de la composición y diversidad de los ensamblajes de hormigas en tres elementos del paisaje (sistema silvopastoril, potrero y zona en regeneración).
- Relacionar las variables (cobertura vegetal, hojarasca y densidad del suelo) con la diversidad de hormigas en los tres elementos del paisaje (sistema silvopastoril, potrero y zona en regeneración)
- Determinar la tasa de remoción de los estadios larvales de *Musca domestica* por parte de las hormigas en tres elementos del paisaje en una finca ganadera.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Área de estudio

Este estudio se realizó en tres fincas ubicadas en el departamento del Atlántico en los municipios de Piojó, Luruaco y Baranoa. Todas las fincas presentaron Ssp con más de un año de instalados, los cuales hacían parte del *Programa Ganadería Colombiana Sostenible* (Tabla 1) (Fig. 3).



**Figura 3.** Mapa del departamento del Atlántico con la ubicación de las fincas a muestrear en cada municipio.

**Tabla 1.** Referencias geográficas y nombres de las fincas ganaderas a estudiar.

<b>FINCA GANADERA</b>	<b>MUNICIPIO</b>	<b>COORDENADAS</b>
Finca Los Ángeles	Piojó - Hibácharo	10°42'36.3" N 75°08'36.5" O
Finca Villa Edith	Baranoa – Santa Rosa	10°48'26.4" N 74°56'57.6" O
Finca La Felicidad	Luruaco – San Juan de Tocagua	10°38'07.1" N 75°09'44.0" O

**Finca Los Ángeles:** La primera finca se encuentra ubicada en el municipio de Piojó en el corregimiento de Hibácharo. Esta finca cuenta con tres usos del suelo principalmente: un Ssp con alta densidad de árboles y cobertura del suelo, potreros sin sombra con una matriz de gramíneas y una zona en regeneración con árboles altos, principalmente fabáceas y

ceibas. Destacan las especies *Cordia dentata* (Uvita), *Schnella glabra* (Bejuco cadena), *Prosopis juliflora* (Trupillo), *Roseodendron chryseum* (Guayacán o Roble amarillo), *Gliricidia sepium* (Mataratón), *Ceiba petandra* (Bonga), *Psidium* sp. (Guayaba), *Schnella glabra* (Bejuco cadena), *Cynophalla flexuosa* (Palo barba de indio) y *Sterculia apetala* (Camajón).

**Finca Villa Edith:** La segunda finca se encuentra ubicada en el municipio de Baranoa, corregimiento Santa Rosa. Esta finca cuenta con un Ssp compuesto por árboles dispersos, bancos de forraje y cercos vivos, potreros sin sombra con poca cobertura del suelo y una zona en regeneración con árboles espinosos y lianas. Destacan las especies *Cordia dentata* (Uvita), *Cynophalla flexuosa* (Palo barba de indio), *Gliricidia sepium* (Mataratón), *Machaerium arboreum* (Gaucha), *Pereskia guamacho* (Guamacho), *Prosopis juliflora* (Trupillo), *Quadrella indica* (Olivo), *Randia armata* (Jagua mayor) y *Roseodendron chryseum* (Roble amarillo).

**Finca La Felicidad:** La tercera finca se encuentra ubicada en el municipio de Luruaco, corregimiento de San Juan de Tocagua. Cuenta con un sistema silvopastoril con árboles dispersos y gramíneas, una zona de explotación doble propósito alternando de forma intensiva ganadería y agricultura, y una zona en regeneración con alta densidad de árboles espinosos. Destacan las especies *Astronium graveolens* (Ciruelo o cucaracho), *Cordia dentata* (Uvita), *Coursetia ferruginea* (Verita de agua), *Crescentia cujete* (Totumo), *Guazuma ulmifolia* (Guásimo), *Pithecellobium* sp. (Granadillo), *Prosopis juliflora* (Trupillo), *Randia armata* (Jagua mayor), *Schnella glabra* (Bejuco cadena), *Senegalia* (Acacia) y *Senna* sp.

## **4.2. Diseño de muestreo**

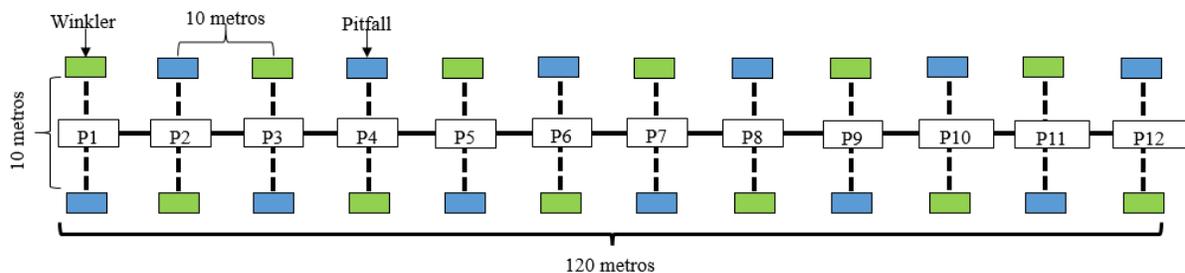
### **4.2.1. Evaluación del ensamblaje de hormigas**

Para la evaluación del ensamblaje de hormigas se realizó un muestreo cada tres meses aproximadamente en las tres fincas ganaderas escogidas, acumulando un total de nueve muestreos. En cada una de las fincas ganaderas se ubicaron tres elementos de paisaje: un sistema silvopastoril (Ssp), una zona sin cobertura de suelos (potreros - Po) como control negativo y una zona en regeneración (Zr) cercana como área de referencia o control positivo (Fig. 4).



**Figura 4.** Elementos de paisaje identificados en cada una de las fincas a muestrear. A. Zona en regeneración. B. Zona de uso de suelo sin cobertura de árboles (potrero). C. Sistema silvopastoril.

Se usó una metodología estandarizada para la caracterización de hormigas en paisajes rurales y para evaluar los procesos de restauración (Lozano-Zambrano 2009, Jiménez-Carmona *et al.* 2015). En cada elemento del paisaje se ubicó un transecto de 120 m de largo por 10 m de ancho. En cada estación se utilizó a lo ancho del transecto dos métodos de colecta alternados y distanciados 10 m uno del otro: 12 trampas Winkler y 12 trampas Pitfall (Fig. 5 - 6) cuyo tiempo de acción fue de 48 horas.



**Figura 5.** Arreglo espacial del transecto utilizado para evaluar la respuesta del ensamblaje de hormigas.

Las hormigas obtenidas se conservaron en frascos con alcohol al 70% para su posterior identificación en los laboratorios de la Universidad del Atlántico y Universidad del Valle. La identificación se llevó a cabo haciendo uso de las claves taxonómicas de Fernández (2003) y Olivero *et al.* (2009), y se realizó una revisión en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle.



**Figura 6.** Trampas utilizadas para los muestreos de ensamblaje de hormigas. **A.** Saco mini-Winkler, con un frasco al final que contiene una solución de jabón líquido, agua y alcohol, en donde caerán los insectos del cernido de hojarasca. **B.** Cernidor de hojarasca Winkler. **C.** Trampa Pitfall o trampa de caída. El vaso contiene una solución de agua con sal y jabón líquido.

#### 4.2.2. Evaluación del potencial depredador por parte de hormigas sobre *Musca domestica*

Para la evaluación del potencial depredador de hormigas sobre fases larvales de *Musca domestica* se realizó un experimento que constó de dos fases: Una fase de laboratorio y una fase de campo.

- **Fase de laboratorio**

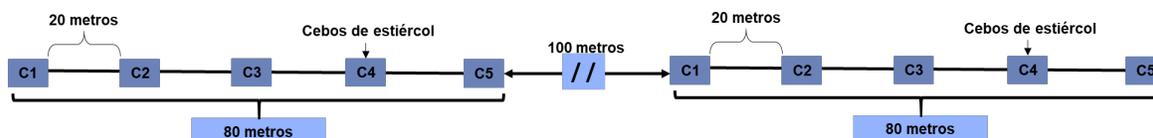
La fase de laboratorio constó del cultivo de moscas domésticas con la finalidad de obtener las fases larvales. Los individuos adultos se colectaron con la ayuda de un cebo atrayente de carne descompuesta. Una vez capturados los adultos se siguió el protocolo de cría de *Musca domestica* propuesto por Martiradonna *et al.* (2009).

Las fases larvales L1, L2 y L3 obtenidas del cultivo de *M. domestica* se identificaron con ayuda de estereoscopios y siguiendo la guía ilustrada del PITTA (2011) para moscas asociadas a sistemas de explotación agropecuaria.

- **Fase de campo**

La aproximación al potencial depredador se llevó a cabo en la finca ubicada en el municipio de Baranoa, en los tres elementos del paisaje mencionados anteriormente.

Para esto se realizaron dos transectos de 50 metros en el que se colocaron 10 cebos (bolas de estiércol) distanciados 20 metros cada uno sembradas con cinco larvas de *M. domestica* en fase L2 (Fig. 7).



**Figura 7.** Arreglo espacial de los transectos utilizados para realizar el experimento de remoción y depredación de larvas de *M. domestica* en tres elementos del paisaje en una finca ganadera.

Se realizaron revisiones cada hora y media durante 15 minutos, realizando tres observaciones por cebo. Para optimizar las revisiones, en cada sitio se levantaron los dos transectos simultáneamente, ubicándose una persona por transecto. Se observó la remoción de las larvas. Se asignó el estatus “depredador” a aquellas hormigas que atacaron o retiraron las larvas de los cebos (Ramírez *et al.* 2010), anotando el comportamiento al momento de remover y depredar la larva según lo propuesto por Silvestre *et al.* (2003). Esto permitió conocer la interacción de las hormigas (dominante o no dominante) y el flujo que presentaron en el cebo. Las hormigas se capturaron al igual que otros organismos que removieron las larvas para su posterior identificación.

El experimento se repitió tres veces en tres días distintos en cada uno de los elementos y la variable respuesta fue el consumo de larvas en un lapso de 3 horas de exposición.

- **Variables ambientales**

En cada elemento de paisaje se tomaron las siguientes variables ambientales:

**Cobertura vegetal:** Los datos de cobertura vegetal se tomaron con la ayuda de un densiómetro esférico cóncavo (Forestry Suppliers Inc®). Esta variable se tomó cuatro veces (para cada punto cardinal N, S, E y O) en cada uno de los 12 puntos de los transectos. Se contó el número de cuadros descubiertos de los 96 posibles en el espejo del densiómetro. Este valor obtenido es multiplicado por el coeficiente 1,04 y al resultado se le resta 100 obteniendo así el valor de cobertura (Strickler 1959). Para complementar esta información, se realizaron perfiles de cobertura vegetal en cada uno de los elementos de paisaje, para la caracterización de los sitios. La forma de las parcelas y metodologías a emplear se realizaron acorde a las características de los sitios.

**Hojarasca:** Se tomaron medidas de la profundidad de la hojarasca con ayuda de una regla. Esta medida se tomó cuatro veces en cada uno de los 12 doce puntos de los transectos para obtener un promedio de altura.

**Parámetros físicos del suelo.** De forma in situ se tomaron medidas de resistencia a la penetración de las capas superiores del suelo con ayuda de un penetrómetro de bolsillo. Se tomaron cuatro medidas en los puntos 1, 3, 5, 7, 9 y 11 de los transectos. Se tomó la densidad del suelo con el método del cilindro (Blake & Hartge 1986, De los Ángeles *et al.* 2014). La textura del suelo se determinó mediante análisis granulométrico haciendo uso de tamices de distintos ojos de malla (75 mm (3"), 37.5 mm (1<sup>1/2</sup>"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2,00 mm (No.10), 0,840 mm (No.20), 4250 µm (No.40), 250 µm (No.60), 150 µm, (No.100), 75 mm (No.200)). Las muestras se procesaron en el Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

- **Análisis de datos.**

La riqueza y abundancia relativa de hormigas obtenida de los tres muestreos se acumuló por elementos del paisaje dividido por fincas. Se calculó la riqueza y abundancia relativa de las hormigas, entendiendo la riqueza como el número de especies por elementos del paisaje (matriz de incidencia) y la abundancia relativa de las hormigas como la frecuencia de captura, obteniendo un valor de 36 como abundancia máxima por elemento del paisaje.

Para estimar la representatividad de los muestreos en los elementos del paisaje se realizaron curvas de acumulación de especies a través de los índices de Chao 2 e ICE para matrices de incidencia. Este análisis nos indica la proporción de la "comunidad total" representada por las especies capturadas cuando el resultado es aproximado a 100%, considerándose completo con respecto al esfuerzo y la técnica de captura utilizados (Chao & Jost 2012).

La diversidad de hormigas o dominancia para cada elemento del paisaje por finca se evaluó utilizando los números de Hill. Las órdenes de diversidad evaluados fueron: <sup>0</sup>D (diversidad de orden cero), riqueza de especies; <sup>1</sup>D (diversidad de orden uno), la exponencial del índice de Shannon; y <sup>2</sup>D (diversidad de orden 2), la inversa del índice de Simpson (Hill, 1973). La diversidad de orden cero (<sup>0</sup>D) no es sensible a la abundancia y tiene en cuenta la incidencia de especies raras. Diversidad de orden uno (<sup>1</sup>D) da un peso proporcional a las especies en función de su abundancia y por lo tanto se puede interpretar como el número de especies "comunes" (o típicas) en la comunidad. Diversidad de orden dos (<sup>2</sup>D) da mayor peso a las

especies muy abundantes y dominantes, y se considera una medida de la posición dominante en la comunidad (Jost 2006). Para comparar la diversidad entre los elementos de paisaje se realizaron curvas de abundancia interpoladas con un intervalo de confianza al 95%, y se hizo una comparación visual con base a la superposición que presenten los intervalos para establecer si existen diferencias entre los elementos del paisaje (Chao & Jost 2012).

Los cambios en la estructura de la comunidad presente en cada elemento del paisaje por finca se evaluaron mediante la comparación de curvas de rango de abundancia. Las abundancias se transformaron a logaritmo  $\ln(x+1)$ , con el fin de contrarrestar el peso de las especies más dominante, pero sin disminuir su importancia (Clarke & Warwick 2001). La equitabilidad en cada ensamblaje se obtuvo de la pendiente de la recta que se ajuste a la gráfica. Una fuerte pendiente representará la dominancia de algunas especies o menor uniformidad, mientras que una pendiente suave se puede interpretar como una mayor uniformidad entre las especies (Magurran 2004). Así mismo, para complementar el perfil de diversidad, se agruparon las especies de hormigas identificadas en gremios tróficos sugeridos por Silvestre et al. 2003. Es importante esta clasificación porque ayuda a obtener una respuesta interpretable al estrés y la perturbación del ecosistema, que trasciende los límites taxonómicos y biogeográficos.

Para la distribución espacial de las especies que conforman el ensamblaje de hormigas en los elementos del paisaje por finca se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no-métrico (nMDS). Para esto se trabajó con matrices de abundancia relativa por especies. Para realizar este análisis se utilizó como medida el índice de disimilitud de Bray-Curtis. Los valores de este índice oscilan entre cero (0) y uno (1) indicando si los sitios comparten o no la misma composición de hormigas (Faith *et al.* 1987).

Para observar la manera en que se relacionaron las variables ambientales: cobertura vegetal, compactación del suelo y hojarasca (grupo de variables continuas) con la diversidad de hormigas presente en cada elemento del paisaje por finca (haciendo uso de matrices de abundancia), se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC). Este análisis permitió explicar los datos en función a las variables ambientales, observando la influencia de las condiciones del medio en la distribución de las especies que componen el sitio (Chessel *et al.* 1987).

Esto debe ser parte de los análisis del capítulo adicional

Para los ensayos de depredación se realizó una tabla de promedios de larvas removidas/depredadas por especies de hormigas y por elemento del paisaje. Se emplearon modelos lineales generalizados mixtos con distintas estructuras de covarianza, combinando estructuras de correlación residual, heteroscedasticidad residual y efectos aleatorios, seleccionando el mejor modelo mediante los criterios de verosimilitud penalizada (AIC y BIC). En los casos donde fue necesario se realizaron pruebas de comparación múltiple basadas en la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre los factores. El análisis estadístico se llevó a cabo empleando el programa R versión 3.4.0 (R Core Team 2017), determinando diferencias estadísticas a un nivel de significancia del 95%.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Evaluación del ensamblaje de hormigas

#### 5.1.1. Composición y riqueza de hormigas

Se reportaron un total de 44 especies de hormigas correspondientes a seis subfamilias, 11 tribus y 18 géneros. La subfamilia de mayor riqueza en los muestreos fue Myrmicinae con 28 especies, seguida de Formicinae y Ponerinae con cinco y cuatro especies respectivamente, en contraste con las subfamilias Ecitoninae y Dolichoderinae con dos especies cada una. A su vez, los géneros con la mayor riqueza de los muestreos fueron *Pheidole* (15) *Solenopsis* (9) y *Camponotus* (4) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Frecuencia de captura de las especies de hormigas colectadas en los tres elementos del paisaje, Zr: zona en regeneración, Ssp: sistema silvopastoril y Po: Potrero, en fincas ganaderas del departamento del Atlántico. Abr: Abreviatura

Subfamilia	Tribu	Especie/Elementos	Abr.	zr	ssp	po
Dolichoderinae	-	<i>Linepithema angulatum</i>	<i>Lin. ang</i>	0	0	3
		<i>Tapinoma melanocephalum</i>	<i>Tap. mel</i>	2	18	21
Ecitoninae	Ecitonini	<i>Labidus coecus</i>	<i>Lab. coe</i>	11	2	0
		<i>Neivamyrmex pilosus</i>	<i>Neiv. pil</i>	0	8	0
Formicinae	Camponotini	<i>Camponotus coruscus</i>	<i>Camp. cor</i>	2	0	0
		<i>Camponotus JTL-005</i>	<i>Camp. JTL005</i>	2	4	0
		<i>Camponotus planatus</i>	<i>Cam. plan</i>	6	13	27
		<i>Camponotus rectangularis</i>	<i>Camp. rect.</i>	1	4	3
Dolichoderinae		<i>Dorymyrmex biconis</i>	<i>Dory. bic</i>	8	13	33
	Attini	<i>Cyphomyrmex major</i>	<i>Cyphn. maj</i>	2	7	0
		<i>Trachymyrmex bugnioni</i>	<i>Trachy. bug</i>	19	2	1
	Cephalotini	<i>Cephalotes pallens</i>	<i>Ceph. pal</i>	6	5	0
	Crematogastrini	<i>Crematogaster distans</i>	<i>Crem. dis</i>	15	11	3
		<i>Crematogaster rochai</i>	<i>Crem. roch</i>	0	3	0
	Dacetoniini	<i>Strumigenys marginiventris</i>	<i>Stru. marg.</i>	1	0	0
Myrmicinae	Pheidolini	<i>Pheidole</i> sp1	<i>Phei sp1</i>	0	9	0
		<i>Pheidole</i> sp2	<i>Phei sp2</i>	1	12	0
		<i>Pheidole</i> sp4	<i>Phei sp4</i>	2	2	0
		<i>Pheidole</i> sp5	<i>Phei sp5</i>	9	6	0
		<i>Pheidole</i> sp6	<i>Phei sp6</i>	0	0	5
		<i>Pheidole</i> sp7	<i>Phei sp7</i>	0	0	5
		<i>Pheidole</i> sp8	<i>Phei sp8</i>	1	2	9
		<i>Pheidole</i> sp9	<i>Phei sp9</i>	2	1	0
		<i>Pheidole</i> sp10	<i>Phei sp10</i>	0	1	0
		<i>Pheidole</i> sp12	<i>Phei sp 12</i>	1	2	0
		<i>Pheidole</i> sp13	<i>Phei sp13</i>	1	1	0
		<i>Pheidole</i> sp14	<i>Phei sp14</i>	3	2	1
		<i>Pheidole</i> sp15	<i>Phei sp15</i>	0	2	0

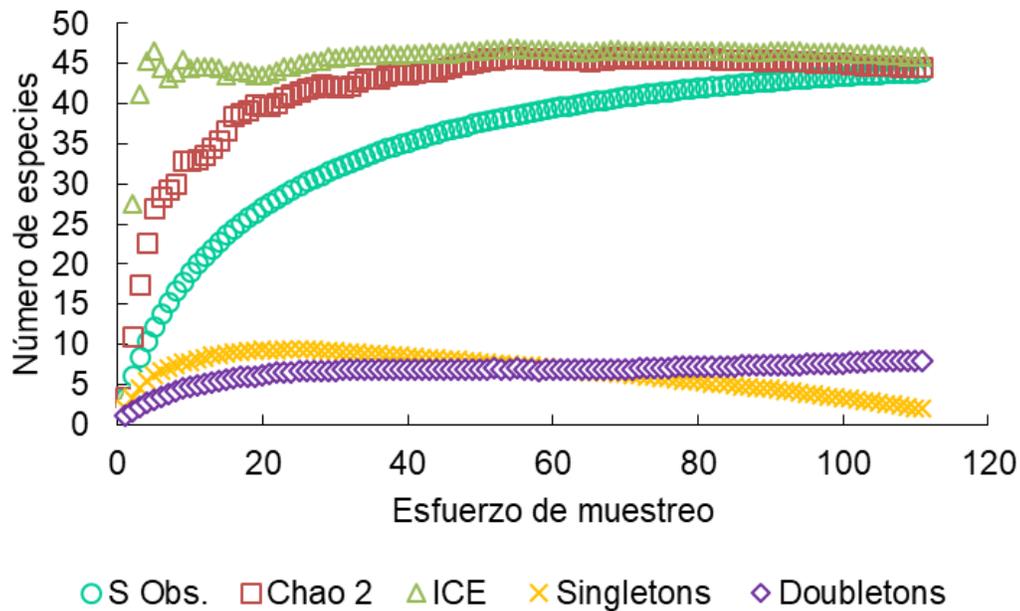
**Tabla 2. Continuación.** Frecuencia de captura de las especies de hormigas colectadas en los tres elementos del paisaje, Zr: Zona en regeneración, Ssp: Sistema silvopastoril y Po: Potrero, en fincas ganaderas del departamento del Atlántico. Abr: Abreviatura del nombre científico.

Subfamilia	Tribu	Especie/Elementos	Abr.	zr	ssp	po
Myrmicinae	Solenopsidini	<i>Solenopsis</i> sp1	<i>Sol sp1</i>	0	1	9
		<i>Solenopsis</i> sp2	<i>Sol sp2</i>	1	5	0
		<i>Solenopsis</i> sp3	<i>Sol sp3</i>	2	8	19
		<i>Solenopsis</i> sp4	<i>Sol sp4</i>	2	0	9
		<i>Solenopsis</i> sp5	<i>Sol sp5</i>	5	2	11
		<i>Solenopsis</i> sp6	<i>Sol sp6</i>	0	1	1
		<i>Solenopsis</i> sp7	<i>Sol sp7</i>	1	9	2
		<i>Solenopsis</i> sp8	<i>Sol sp8</i>	0	1	1
		<i>Solenopsis</i> sp9	<i>Sol sp9</i>	1	6	2
Ponerinae	Ectatommini	<i>Ectatomma ruidum</i>	<i>Ect. rui</i>	77	65	5
	Ponerini	<i>Anochetus neglectus</i>	<i>An. neg.</i>	0	2	0
		<i>Odontomachus bauri</i>	<i>Odon. bau</i>	1	2	0
		<i>Pachycondyla harpax</i>	<i>Pach. har</i>	4	0	0
Pseudomyrmecinae	-	<i>Pseudomyrmex cf. Pallidus</i>	<i>Pseud. cf. pall</i>	0	0	2
		<i>Pseudomyrmex boopis</i>	<i>Pseud. boo</i>	2	0	0
		<i>Pseudomyrmex cf. gracilis</i>	<i>Pesud. cf. grac.</i>	3	0	0
<b>Total general</b>				<b>196</b>	<b>232</b>	<b>175</b>

La eficiencia de captura para los muestreo fue del 95,98% y 98,78% (Fig. 8), siendo posible recolectar en promedio 10 especies más para cada uno de los elementos evaluados (Tabla 3). De acuerdo con esto, los muestreos se pueden considerar completos respecto al esfuerzo y la técnica de captura utilizados.

**Tabla 3.** Resultados obtenidos de estimadores de la riqueza no paramétricos empleados para cada elemento del paisaje.

Elementos	ICE	Chao 2	Riqueza esperada	Riqueza observada	Eficiencia de muestreo
Zona en regeneración	50,33	41,71	46,02	30	71,92519779
Sistemas silvopastoriles	37,98	35,35	36,665	34	96,18104668
Potrero	29,72	29,9	29,81	22	73,57859532



**Figura 8** Curva de acumulación de especies observada y estimada para el total de los muestreos.

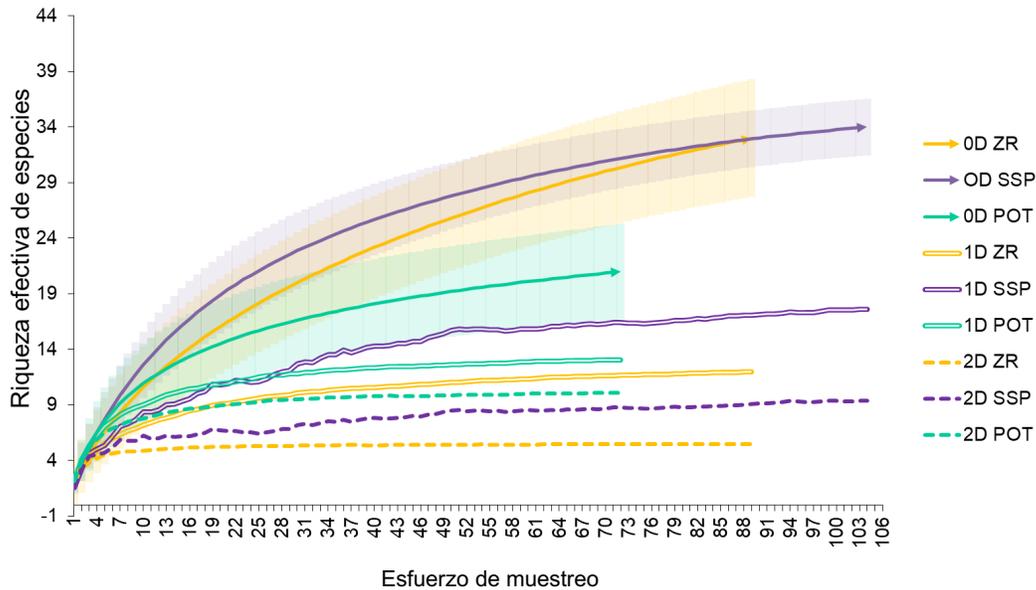
### 5.1.2. Perfil de diversidad

De las 44 especies reportadas, el 13,63% se colectó en los Ssp, constituyéndose como el elemento del paisaje con el mayor número de especies exclusivas (seis especies), seguido de las Zr (cinco especies) y Po (cuatro especies) con el 11,3% y 9% respectivamente. Para los elementos Po y Zr solo se reportó una especie compartida (*Solenopsis* sp4), tres especies compartidas entre spp y Po (*Solenopsis* sp1, *Solenopsis* sp6 y *Solenopsis* sp8) y por último 12 especies entre las zonas en regeneración y los Ssp (*Camponotus JTL-005*, *Cephalotes pallens*, *Cyphomyrmex major*, *Labidus coecus*, *Odontomachus bauri*, *Pheidole* sp2, *Pheidole* sp4, *Pheidole* sp5, *Pheidole* sp9, *Pheidole* sp12, *Pheidole* sp13 y *Solenopsis* sp2). A su vez, entre los tres elementos se compartieron 13 especies.

A nivel de elementos del paisaje, el Ssp presentó la mayor riqueza de hormigas ( $^0D$ ) con 34 especies, seguido de la Zr (31 especies), presentando el Po la menor riqueza (21 especies). Para la diversidad de orden  $^1D$ , la mayor cantidad de especies comunes se presentan en el Ssp con 17,58 especies efectivas, seguido del Po y la Zr con 13,06 y 11,51 especies efectivas respectivamente. Finalmente, para la diversidad  $^2D$ , el Po presentó el mayor número Zr con el menor número de especies efectivas (5,41).

La superposición presente en los intervalos de confianza al 95% de las curvas de diversidad  $^0D$  (Fig. 9), establecieron de forma visual que entre los elementos Ssp y Zr no existen

diferencias en la riqueza de especies. Así mismo, a través del análisis estadístico para la riqueza de especies, el Po presentó diferencias estadísticas con los elementos Zr ( $E=0,0168$ ;  $p=0,05$ ) y Ssp ( $E=0,001717$ ;  $p=0,05$ ), y a su vez, los elementos Zr y Ssp no presentaron diferencia estadística entre ellos (Tabla 4).



**Figura 9.** Curvas de interpolación de la diversidad de hormigas en tres elementos del paisaje, en función a los números de Hill. <sup>0</sup>D: riqueza de especies, <sup>1</sup>D: exponencial del índice de Shannon, 2D: inverso del índice de Simpson. ZR: zona en regeneración, SSP: sistema silvopastoril, POT: potrero.

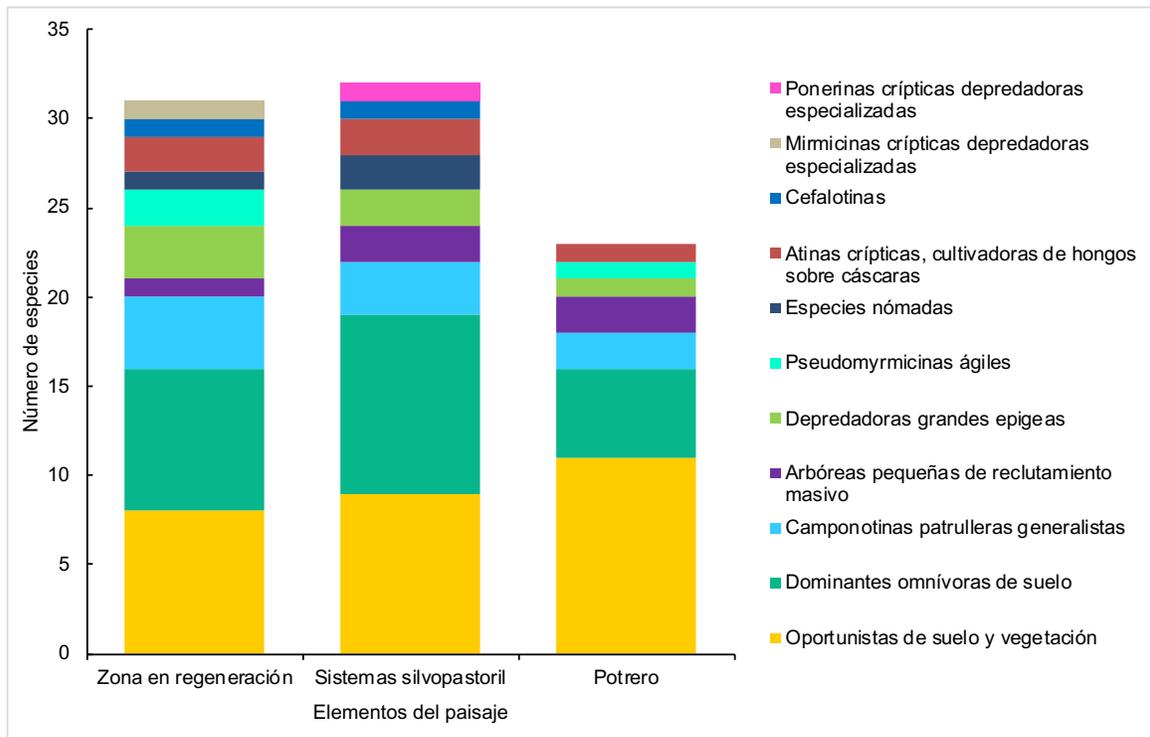
Para la agrupación de gremios, se reportaron 11 de los 15 gremios sugeridos por Silvestre et al. (2003) (Tabla 4). Las oportunistas del suelo y vegetación conformadas por 13 de los 44 especies reportadas en este estudio fueron las más abundantes para el muestreo, seguido del gremio de las dominantes omnívoras de suelo con 11 especies. Los gremios de las cefalotinas, mirmicinas crípticas depredadoras especializadas y ponerinas crípticas depredadoras especializadas solo estuvieron representadas por una especie.

Para este estudio, de los 11 gremios reportados cuatro gremios se encuentran conformados por especies con hábitos especializados: depredadoras grandes epigeas (*Ectatomma ruidum*, *Anochetus neglectus*, *Odontomachus bauri* y *Pachycondyla harpax*), mirmicinas crípticas depredadoras especializadas (*Strumigenys marginiventris*), ponerinas crípticas depredadoras especializadas (*Anochetus neglectus*) y atinas crípticas cultivadoras de hongos sobre cáscaras (*Cyphomyrmex major* y *Trachymyrmex bugnioni*).

**Tabla 4.** Listado de gremios tróficos de hormigas reportados para el estudio.

<b>Gremios</b>	<b>Especies</b>
<b>Arbóreas pequeñas de reclutamiento masivo</b>	<i>Crematogaster distans</i> , <i>Crematogaster rochai</i> , <i>Linepithema angulatum</i>
<b>Atinas crípticas, cultivadoras de hongos sobre cáscaras</b>	<i>Cyphomyrmex major</i> , <i>Trachymyrmex bugnioni</i>
<b>Camponotinas patrulleras generalistas</b>	<i>Camponotus coruscus</i> , <i>Camponotus JTL-005</i> , <i>Camponotus planatus</i> , <i>Camponotus rectangularis</i>
<b>Cefalotinas</b>	<i>Cephalotes pallens</i>
<b>Depredadoras grandes epigeas</b>	<i>Ectatomma ruidum</i> , <i>Anochetus neglectus</i> , <i>Odontomachus bauri</i> , <i>Pachycondyla harpax</i>
<b>Dominantes omnívoras de suelo</b>	<i>Tapinoma melanocephalum</i> , <i>Dorymyrmex biconis</i> , <i>Solenopsis 02</i> , <i>Solenopsis 03</i> , <i>Solenopsis 04</i> , <i>Solenopsis 05</i> , <i>Solenopsis 06</i> , <i>Solenopsis 07</i> , <i>Solenopsis 08</i> , <i>Solenopsis 09</i>
<b>Especies nómadas</b>	<i>Labidus coecus</i> , <i>Neivamyrmex pilosus</i>
<b>Mirmicinas crípticas depredadoras especializadas</b>	<i>Strumigenys marginiventris</i>
<b>Oportunistas de suelo y vegetación</b>	<i>Pheidole 01</i> , <i>Pheidole 02</i> , <i>Pheidole 04</i> , <i>Pheidole 05</i> , <i>Pheidole 06</i> , <i>Pheidole 07</i> , <i>Pheidole 08</i> , <i>Pheidole 09</i> , <i>Pheidole 10</i> , <i>Pheidole 12</i> , <i>Pheidole 13</i> , <i>Pheidole 14</i> , <i>Pheidole 15</i>
<b>Ponerinas crípticas depredadoras especializadas</b>	<i>Anochetus neglectus</i>
<b>Pseudomyrmicinas ágiles</b>	<i>Pseudomyrmex boopis</i> , <i>Pseudomyrmex cf. gracilis</i> , <i>Pseudomyrmex cf. Pallidus</i>

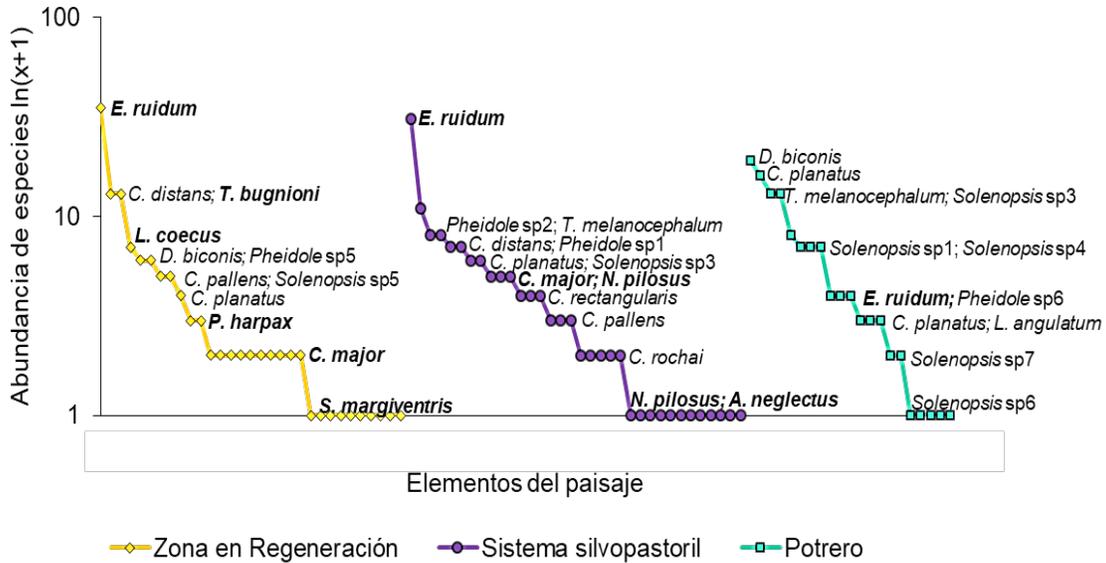
El elemento del paisaje con el mayor número de gremios fue la Zr con 10 gremios, seguido del Ssp con nueve gremios y por último el Po con siete gremios (Figura 10). Entre los elementos del paisaje se comparten seis gremios: Arbóreas pequeñas de reclutamiento masivo, Atinas crípticas, cultivadoras de hongos sobre cáscaras y Camponotinas patrulleras generalistas. Las Ponerinas crípticas depredadoras especializadas solo se reportaron en los Ssp, mientras que las Mirmicinas crípticas depredadoras especializadas solo se reportaron en la Zr. Por último, los gremios de las Especies nómadas y Cefalotinas se comparten entre la Zr y Ssp, mientras que las Pseudomyrmicinas ágiles se comparten entre la Zr y Po.



**Figura 10.** Agrupación de gremios por elementos del paisaje.

### 5.1.3. Patrones de abundancia

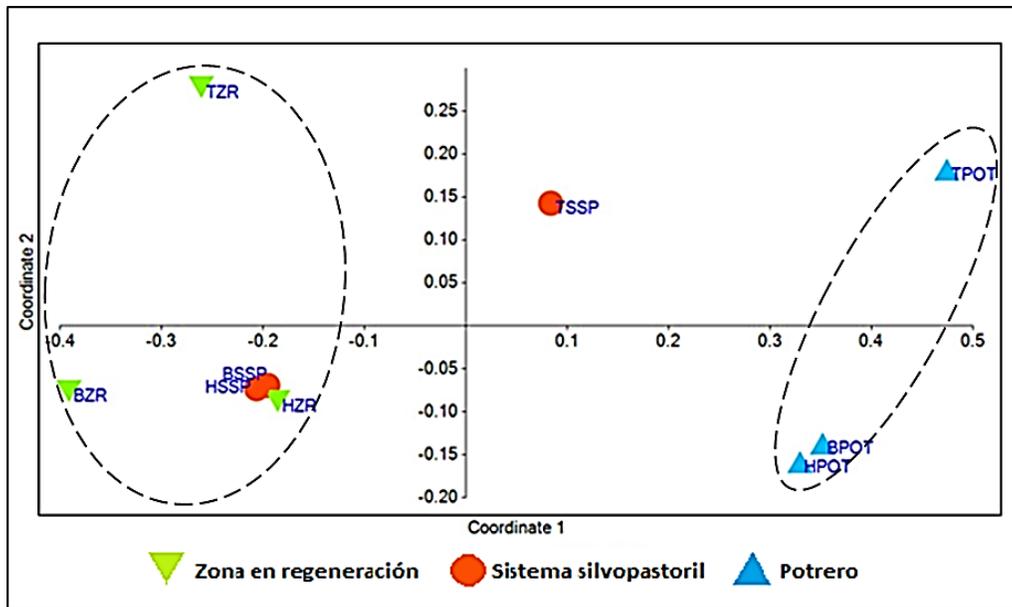
La composición y abundancia de hormigas en los elementos del paisaje para la Zr y Ssp, se encuentra representada por especies más o menos abundantes y muchas especies raras (17 especies raras para Ssp y 20 para la Zr), siendo el Po el elemento con el menor número de especies raras (seis especies) (Fig. 10). *Ectatomma ruidum* fue la única especie que dominó en abundancia en la Zr y Ssp, mientras que para el Po dominaron cuatro especies: *Dorymyrmex biconis*, *Camponotus planatus*, *Tapinoma melanocephalum* y *Solenopsis* sp3. Las curvas de rango-abundancia presentaron pendientes similares más o menos equitativas, en donde, las diferencias en abundancia son pocas entre las especies que le siguen a las que dominaron en abundancia y las demás que conforman la curva.



**Figura 11.** Rango-abundancia de los ensambles de hormigas estudiados y cambios en la composición de especies en los tres elementos. La abundancia de especies se encuentra representada en escala logarítmica. En negrilla las especies consideradas indicadores positivos de biodiversidad.

#### 5.1.4. Distribución espacial de las especies y su relación de las variables ambientales

Los elementos Ssp forman un grupo cercano a las Zr, presentando una alta similaridad, mientras que los Po forman un grupo totalmente diferente (Fig. 11). En cuanto a los elementos por fincas, el Ssp Tocagua no forma un grupo con los demás Ssp y Zr ni tampoco con los Po. La similitud más alta entre los Ssp y Zr se presenta en los elementos de Hibácharo y Baranoa, y en menor medida con los elementos de Tocagua. Con respecto a los Po, la similaridad más alta se presenta, así como en los Ssp y Zr, con los elementos de Hibácharo y Baranoa, mientras que el Po de Tocagua es menos similar. Teniendo en cuenta esto, la estructura de la comunidad y composición de hormigas que se encuentran presentes en los Ssp y Zr difieren de la presente en los Po.



**Figura 12.** Análisis nMDS (Non-metric multidimensional scaling), utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis, de los tres elementos del paisaje estudiados en fincas ganaderas (Potreros: HPOT, BPOT y TPOT; Zona en regeneración: HZR, BZR y TZR; Sistemas silvopastoriles: HSSP, BSSP y TSSP).

Las variables ambientales evaluadas, presentaron relaciones entre ellas, agrupando de distintas maneras los elementos del paisaje y su composición de hormigas (Fig. 12). La densidad aparente del suelo (DA) y resistencia a la penetración (RP) incidieron en la disposición de especies como *Tapinoma melanocephalum*, *Dorymyrmex biconis*, *Linepitema angulatum*, *Camponotus rectangularis* y algunas especies pertenecientes al género *Solenopsis* y *Pheidole*. Los valores de RP obtenidas fueron más altos para los Po, mientras que para el Ssp y la Zr fueron más bajos (Tabla 5). Por otro lado, no se encontró una relación evidente entre el uso o manejo del suelo y las DA reportadas, debido a que los valores no reflejan un patrón de aumento de densidad a medida que se intensifica la actividad, a excepción de los elementos del paisaje de Baranoa que si reflejan dicha actividad (Tabla 5). Sin embargo, la textura del suelo si reportaron una relación con las DA, concordando los valores con las texturas arcillosas y franco-arcillosas que caracterizaron los elementos (Tabla 6). En general los valores de DA no superaron los 1,4 g/cm<sup>3</sup>, lo que indica que los elementos evaluados no presentan procesos de compactación severos de acuerdo a lo establecido por Porta *et al.* (1999).

**Tabla 5.** Valores promedios de densidad aparente y resistencia a la penetración para los tres elementos en cada una de las fincas estudiadas.

	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )			Resistencia a la penetración (Mpa)		
	Zona en regeneración	Sistema silvopastoril	Potrero	Zona en regeneración	Sistema silvopastoril	Potrero
<b>Tocagua</b>	1,21	1,12	1,18	0,94	1,02	1,19
<b>Hibácharo</b>	1,34	1,27	1,40	2,18	0,73	3,44
<b>Baranoa</b>	1,19	1,20	1,38	0,89	1,31	2,82

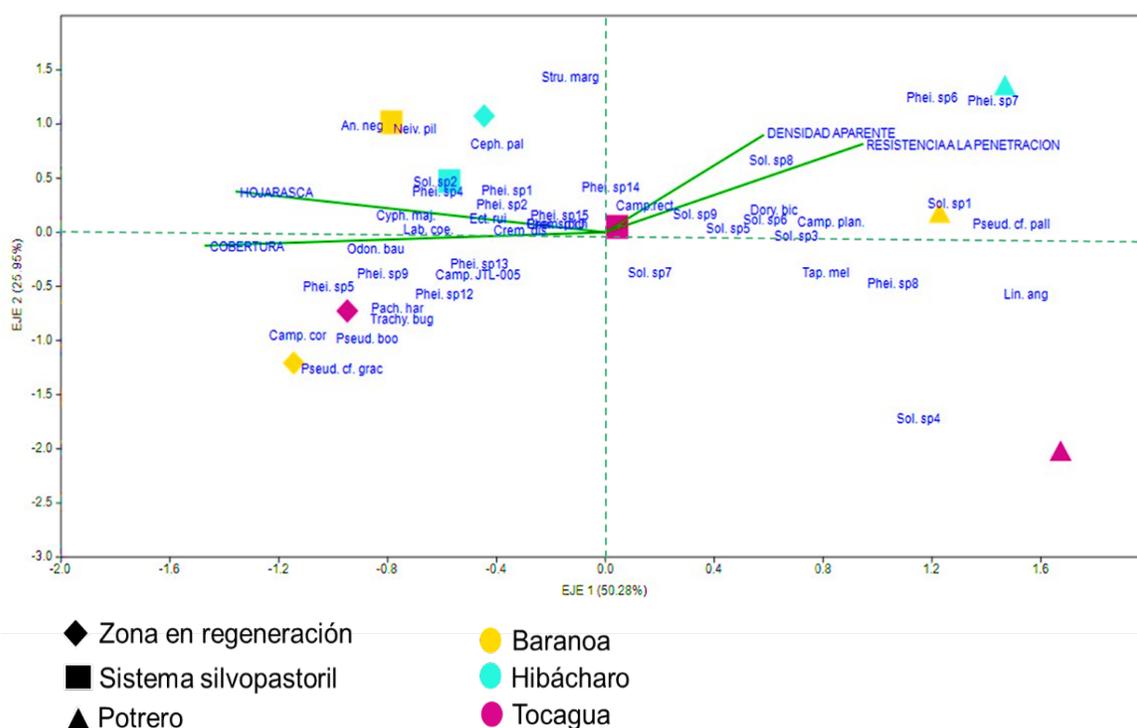
**Tabla 6.** Porcentajes de arena (A), limos (L), arcilla (Ar) y tipo de texturas para cada elemento del paisaje evaluado.

Finca	Elemento del paisaje	%A	%L	%Ar	Textura
Tocagua	Zona en regeneración	37,25	27,5	35,25	FAr
	Sistema silvopastoril	16,25	32	51,75	ArL
	Potrero	18,5	26	55,5	Ar
Hibácharo	Zona en regeneración	51	25,5	23,5	FAAr
	Sistema silvopastoril	34,25	39,25	26,5	F
	Potrero	17,5	44	38,5	FLAr
Baranoa	Zona en regeneración	57,5	19,75	22,75	FAAr
	Sistema silvopastoril	42,25	26,5	31,25	FAAr
	Potrero	58,75	19,5	21,75	FAAr

Por otro lado, las variables cobertura vegetal y producción de hojarasca influyeron directamente en la disposición de especies como *Pachycondyla harpax*, *Ectatomma ruidum*, *Trachymyrmex bugnioni*, *Odontomachus bauri*, *Anochetus neglectus*, *Neivamirmex pilosus*, *Strumigenys margiventris*, *Cyphomyrmex major*, *Cephalotes pallens*, y algunas especies pertenecientes al género *Pheidole*, *Camponotus* y en menor medida a *Solenopsis*, así como en la conformación de los ensamblajes en los Ssp y Zr. Los valores más altos para las coberturas y producciones de hojarasca se reportaron para las zonas en regeneración y sistemas silvopastoriles, contrario a los Po en donde los valores fueron relativamente bajos (Tabla 7).

**Tabla 7.** Valores promedios de cobertura y altura de la hojarasca para los elementos evaluados.

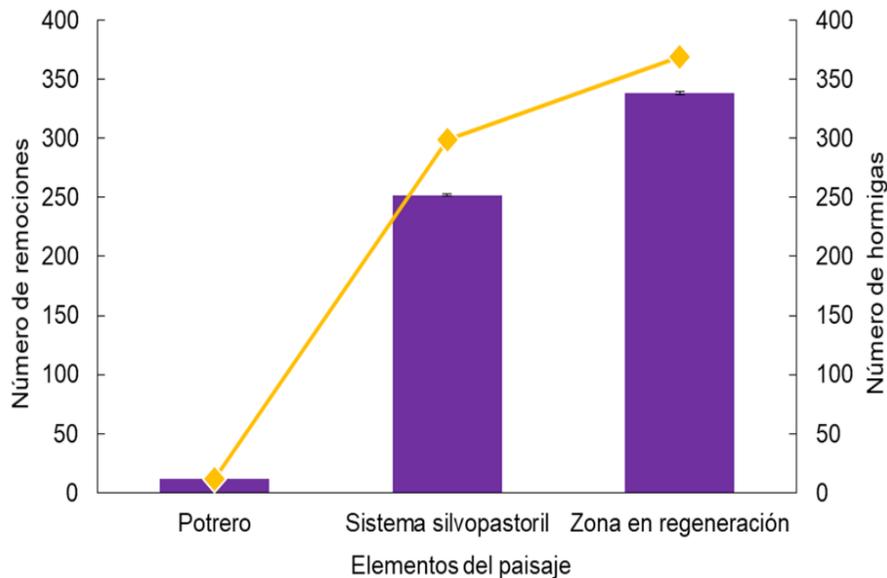
Finca	Elemento del paisaje	Cobertura (%)	Altura de la hojarasca (cm)
Tocagua	Zona en regeneración	84,66	1,98
	Sistema silvopastoril	62,40	1,96
	Potrero	15,25	0,00
Hibácharo	Zona en regeneración	58,34	2,05
	Sistema silvopastoril	76,21	2,70
	Potrero	5,89	0,12
Baranoa	Zona en regeneración	91,35	1,73
	Silvopastoril	75,40	2,54
	Potrero	13,43	0,04



**Figura 13.** Asociación de los ensamblajes de hormigas y las variables ambientales por análisis de correspondencia canónica (ACC) en los elementos del paisaje estudiados: Potreros (HP, BP y TP), Zona en regeneración: (HZr, BZr y TZr) y Sistemas silvopastoriles: (HSsp, BSsp y TSsp) y la distribución de sus especies. Abreviaturas de las especies: **Ver** **tabla general**.

## 5.2. Potencial depredador por parte de hormigas sobre *Musca domestica*

De las 1350 larvas de *M. domestica* ofrecidas durante los ensayos de depredación, se reportaron un total de 602 larvas removidas, en donde la Zr fue el elemento con el mayor número de remociones con 338 larvas (75,11%), seguido del Ssp con 252 larvas (56%) y por último el Po, que presentó el valor más bajo con 12 larvas removidas (2,66%) (Fig. 13). Las remociones fueron estadísticamente diferentes entre el Po y los elementos Zr ( $E= -3,495$ ;  $p<0,0001$ ) y Ssp ( $E= -3,158$ ;  $p<0,0001$ ), mientras que entre la Zr y Ssp no se presentaron diferencias estadísticas (Tabla 8).



**Figura 14.** Cantidad recurso removido (barras) y número de hormigas (Línea) reportado para cada elemento del paisaje evaluado en los ensayos de depredación.

El número de hormigas en actividad fue estadísticamente diferente entre los elementos del paisaje (Tabla 8). Se reportaron en total 680 hormigas en actividad sobre los cebos, siendo la Zr el elemento con el mayor número de hormigas (369), seguido del Ssp con 299 hormigas y por el último el Po con 12 hormigas (Fig. 13), encontrándose que, la actividad de hormigas sobre los cebos fue hasta un 96% menos en este último elemento. Solo tres especies de hormigas fueron reportadas durante los experimentos realizando actividades de exploración o remoción en los cebos: *Ectatoma ruidum*, *Pheidole* sp y *Odontomachus bauri*. De estas tres solo *E. ruidum* removió larvas de los cebos en los tres elementos (ver anexo 1-3), siendo además la más abundante en el Ssp y Zr. Por otro lado, *Pheidole* sp, que se reportó únicamente en el Po y *O. bauri* reportada únicamente en el Ssp, realizaron actividades de exploración sobre muy pocos cebos. El tiempo de acción de las hormigas

fue estadísticamente diferente entre el Po y los elementos Ssp y Zr en donde las hormigas tardaron en promedio 3,2 min en detectar, explorar y remover en los cebos, mientras que en el Po el tiempo de reacción fue en promedio de 9,16 min.

**Tabla 8.** Prueba de Tukey para los ensayos de depredación, en función al número de remociones, hormigas y tiempo de llegada entre los elementos del paisaje, Po: potrero; Ssp: Sistema silvopastoril y Zr: Zona en regeneración. Los valores están dados en escala logarítmica. SE, Error estándar.

<b>Número de remociones</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Estimativo</b>	<b>SE</b>	<b>p. valor</b>
<b>Pot-Ssp</b>	-3,158	0,297	<,0001*
<b>Pot-Zr</b>	-3,495	0,295	<,0001*
<b>Zr-Ssp</b>	-0,337	0,089	0,0004
<b>Número de hormigas</b>			
<b>Pot-Ssp</b>	-3,383	0,345	<,0001*
<b>Pot-Zr</b>	-3,591	0,344	<,0001*
<b>Zr-Ssp</b>	-0,208	0,077	0,0206
<b>Pot-Ssp</b>	-2,477	0,158	<,0001
<b>Pot-Zr</b>	-2,635	0,134	<,0001
<b>Zr-Ssp</b>	-0,157	0,118	0,6648

*Cod. de signif: \*p>0,001*

*Pot: Potrero Ssp: Sistema silvopastoril Zr: Zona en regeneración*

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Diversidad de hormigas

Los análisis de diversidad empleados permiten confirmar que la diferencia existente en la riqueza de hormigas entre los elementos del paisaje está determinada por los distintos tipos de uso del suelo, en el que los factores ecológicos y fisiológicos influyen en los cambios y distribución de los ensamblajes (Philpott & Armbrecht 2006, Ramírez Ramírez *et al.* 2009, Montoya-Molina *et al.* 2016).

Si analizamos la composición de hormigas a través de los grupos funcionales, podremos observar que los gremios que dominan y conforman los elementos también son diferentes. Las especies más abundantes reportadas en los potreros como *Dorymyrmex biconis*, *Camponotus planatus*, *Tapinoma melanocephalum* y especies del género *Solenopsis* son catalogadas dentro del gremio de las generalistas, oportunistas y dominantes del suelo, siendo comunes en hábitats transformados y abiertos, que tienen poca o ninguna presencia de árboles y suelos con alta densidad aparente, cubiertos de pastos o desnudos (Domínguez-Haydar & Armbrecht 2011; Silvestre *et al.* 2003). Estas condiciones son favorecedoras para el desarrollo de estas hormigas, como el caso del género *Solenopsis*, en el que se observa como las larvas se desarrollan en la parte superior de los montículos de tierra, sitio que registra altas temperaturas, siendo una característica indispensable para el desarrollo de su ciclo de vida, otro ejemplo se puede observar a través de los géneros *Camponotus* y *Dorymyrmex*, en donde las actividades de forrajeo se ven favorecidas con el incremento de las temperaturas (Torres 1984).

Por otro lado, para la zona en regeneración se reportó una riqueza de especies pertenecientes a una diversidad de gremios que cumplen un sinnúmero de funciones ecológicamente importantes, así mismo para el Ssp (modelo alternativo de explotación de suelos más sustentables), en el que la respuesta de hormigas fue positiva, e inclusive mayor a la presente en la zona en regeneración. Sin embargo, la composición en la zona en regeneración sigue siendo más compleja que la presente en los Ssp, a pesar de que su riqueza sea mayor. Es probable que en este elemento se presenten dos eventos: el primero es que en sistemas en recuperación aún se presenten grados de perturbaciones intermedias de tipo antrópica o factores abióticos como sequías, suelos compactados y plagas que afecten el desarrollo de las especies presentes y limiten los recursos para el establecimiento de algunas otras especies (Serrada-Hierro 2003), y el segundo en donde

la regeneración natural, vista como un proceso de múltiples fases representadas como un cuello de botella fuerte, implique alguna especie de filtro ecológico que empiece a determinar el establecimiento de especies más complejas (Norden 2014). En general la riqueza presente en los Ssp y zona en regeneración es mayor en comparación a la riqueza presente en los modelos convencionales como los potreros, gracias a la presencia de árboles con dosel amplio, arbustos y otras asociaciones vegetales, que favorece la formación de microclimas, un factor determinante para las actividades de forrajeo y establecimiento de sitios de anidamiento y desarrollo de colonias (Libreros 2015).

Si bien las especies descritas como generalistas y dominantes para los potreros fueron abundantes, no fueron exclusivas para este elemento, demostrando que también se presenta un grado de intervención en las zonas en regeneración y un disturbio presente por parte del ganado en el Ssp. Sin embargo, otras especies reportadas para el Ssp y zona en regeneración son pertenecientes a gremios de especialistas con hábitos depredadores, como la ponerina críptica especializada hipógea *Anochetus neglectus*, la mirmicina críptica depredadora especializada *Strumygenys marginiventris* y grandes depredadoras epigeas como *Odontomachus bauri* y *Pachycondyla harpax*, especies que se ven influenciados por las condiciones de temperatura, cuya presencia se asocia a microclimas más favorables como humedad y sombra, características ambientales presentes en las zonas en regeneración y Ssp, justificando así su ausencia en zonas descubiertas como potreros sin sombras. Además, la presencia de estas especies se relaciona con la abundancia de otros macroinvertebrados, en especial larvas de isópteros, coleópteros y otras hormigas (Lattke 2003). Estas especies, en conjunto con las gremios de atinas crípticas presentes en los sitios (*Cyphomyrmex major* y *Trachymyrmex bugnioni*), podrían cumplir funciones ecológicas importantes como control de poblaciones y dispersión de semillas, y presentar un potencial como especies indicadoras del estado del sitio (Oliveira 2004).

Dado que en la zona en regeneración y Ssp se presentara una alta complementariedad podría indicar la existencia de un flujo de especies, en donde el Ssp ejercería un papel de corredor o hábitat intermedio para todas aquellas hormigas capaces de explorar nuevas ofertas de recursos alimentarios y nidificación (Ramírez-Ramírez *et al.* 2009). Casos como este ya han sido reportados, en el cual áreas de bosque y sistemas de explotación sostenible comparten una alta diversidad de hormigas (Perfecto & Vandermeer 2002 Cabrera-Dávila *et al.* 2017). Por otro lado, la baja complejidad del ensamblaje de hormigas en los potreros, se interpreta como una medida de baja calidad del sistema y de los recursos

alimentarios ofrecidos, dificultando los procesos de desplazamiento y colonización de hormigas (Ramírez *et al.* 2012, Pérez-Toledo *et al.* 2016). Esto resalta la importancia de la calidad de las matrices adyacentes a las zonas conservadas, debido a que así se garantizaría un flujo constante y recambio de especies, favoreciendo los procesos de recolonización (López-Barrera 2004, Chaves *et al.* 2008, Rodríguez *et al.* 2011)

Las estructuras comunitarias que conforman los ensamblajes de hormigas en áreas de usos de suelo presentan un carácter jerárquico dominado por especies con características generalistas (Kolasa 1989), siendo posible observarlo a través de las curvas de rango abundancia, cuyas formas escalonadas evidencian dichas estructuras jerárquicas, en especial en el potrero, donde las especies generalistas fueron dominantes y especies como *Crematogaster distans*, *Ectatomma ruidum* y *Trachymyrmex bugnioni*, gremios que presentan una importancia ecológica, se reportan como especies raras cuya frecuencia de captura fue muy baja. Por el contrario, en el Ssp y zona en regeneración, si bien las curvas de rango abundancia presentan una estructura escalonada, la distribución de la composición fue un poco más equitativa, sin embargo, se pueden percibir que aún existen grados de intervención en ambos sistemas. De igual manera, es importante tener en cuenta que en los Ssp y zonas en regeneración se aprecia como hormigas pertenecientes a gremios crípticos, arbóreos y depredadores fueron abundantes y cohabitaron con gremios generalistas cuyas abundancias no fueron tan altas.

Cabe destacar que géneros como *Camponotus*, presentan especies que son excluidas del gremio dominantes generalistas, como el caso de *Camponotus coruscus*, reportada en áreas de bosques y altas coberturas (González *et al.* 2013, Rojas *et al.* 2014), y que para este estudio solo fue reportada en la zona en regeneración. Esta especie, si bien es generalista en términos de dieta, su presencia se encuentra asociada a la cantidad de troncos en pudrición y biomasa vegetal, una condición importante para los sitios de anidación, que no podría ofrecerse en áreas como los potreros. Esto mismo podría ocurrir para algunas especies del género *Pheidole*, en donde la ausencia de interacciones negativas y competencia interespecífica las excluye de los gremios dominantes generalistas.

Las variables ambientales (cobertura, producción de hojarasca, densidad aparente y resistencia a la penetración) jugaron un papel importante en la distribución de las especies dentro de los elementos y la forma en cómo se agruparon. La interacción de dichas variables genera una heterogeneidad en las condiciones presentes en los elementos, como

las propiedades del suelo, que influyen directamente en la biodiversidad que puede soportar cada sistema (Chaneton 1964). Estas variables desarrollan distintas condiciones microclimáticas, cuyas características serán determinadas principalmente por las variaciones climáticas generales y la estructura vegetal que compone los elementos (Aussenac 2000). Así mismo la acumulación de biomasa vegetal como hojarascas y el dosel influencia el ambiente físico de los elementos, determinando la productividad y la diversidad biológica como las hormigas (Lee 1978, Promis 2010).

El hecho de que la DA no presentara un patrón en donde se observara el incremento de los valores de acuerdo al incremento de la actividad en los sitios puede estar relacionada a los tipos de texturas del suelo. En este trabajo la mayoría de los elementos presentaron suelos de tipo franco, con mayores o menores porcentajes de arena o arcilla, es así que suelos con texturas más finas (arcillas) pueden presentar valores más bajos de densidad aparente, mientras que suelos con texturas más gruesas (arenas) tienden a ser más densos (Schargel & Delgado 1990). Así mismo existen otras características como la composición de materia orgánica que pudo influir en los resultados (Rubio 2010).

Las variables agruparon especies dadas las características ambientales requeridas, demostrando que estos ensamblajes se encuentran influenciado por filtros ambientales presentes en cada hábitat, como la riqueza de especies vegetales, el uso y la calidad del suelo, lo que determina el establecimiento de especies de hormigas generalistas o especialistas (Zerbino *et al.* 2008 ;Pérez-Toledo *et al.* 2016). Esto indicaría que la composición de hormigas responde a un gradiente de complejidad estructural (Roth *et al.* 1994).

## **6.2. Potencial depredador**

Del total de las especies reportadas para los ensamblajes solo *Ectatomma ruidum* presentó un potencial depredador sobre larvas de *Musca domestica*. Esta hormiga fue capaz de explorar, atacar y remover las larvas escondidas en los cebos de estiércol, siendo más eficiente en la zona en regeneración y Ssp, y menos eficiente en los potreros. Sin embargo no se podría explicar por qué otras especies descritas con potencial depredador en otros estudios y que se encontraron presentes en los elementos no participaron de los experimentos, como *Crematogaster* sp. *Odontomachus bauri* y especies del género *Solenopsis* (Gallego-Roperó & Armbrecht 2005, Velázquez *et al.* 2006, Jiménez-Soto *et al.* 2013, Sendoya-Corrales & Bustillo-Pardey 2016).

El hecho de alcanzar valores de depredación del 75,11% para la zona en regeneración y 56% para el Ssp, evidencia la capacidad depredadora de *E. ruidum* de manera natural en estos sistemas, en donde, si bien las larvas eran el único recurso ofrecido en los cebos, no lo eran en los elementos evaluados, teniendo las hormigas la capacidad de explorar una amplia diversidad de recursos disponibles como larvas de coleópteros, lombrices y otros macroinvertebrados que cayeron en las trampas Pitfall o de caída durante la evaluación de los ensamblajes de hormigas, logrando observar una amplia variedad de organismo. Esto descarta la posibilidad de que estas actuaran como depredadoras de manera forzada. Este reporte es de gran importancia, debido a que estos valores registrados superan los reportados por otros trabajos sobre distintas especies con potencial depredador, en donde los porcentajes de depredación son altos solo para experimentos en laboratorios y muy bajos en campo (Varón *et al.* 2004, Gallego & Armbrecht 2005, Varón *et al.* 2005, Larsen & Philpott 2010).

*Ectatomma ruidum* es una Ectatomminae, conocida por pertenecer al grupo de las depredadoras grandes epigeas, con reclutamiento selectivo, en donde las obreras exploran de manera solitaria y pocas veces lo hacen en grupo. Como todas las integrantes del gremio, presenta interacciones agresivas haciendo uso de su aguijón y mandíbula en las interacciones agonistas (Fernández 1991, 2003), comportamiento que se reportó sobre las larvas de *M. domestica* al momento de ser localizadas, para posteriormente ser transportadas al nido. Dentro de la dieta de *E. ruidum*, se reporta una variedad de recursos, compuesto principalmente de macroinvertebrados de cuerpos duros y blandos como anélidos, insectos y sus formas inmaduras, que constituyen presas de bajo costo energético, dado los pocos esfuerzo en términos de captura y depredación, y son un aporte proteico importante en la dieta de las obreras (Schatz *et al* 1996, Riera-Valera & Pérez-Sánchez 2009), justificando los altos valores de remoción hacia las larvas de *M. domestica*.

El hecho de que las larvas se encuentren dentro de la boñiga hace pensar que los procesos de remoción y depredación por parte de hormigas sean poco probables y difíciles; sin embargo, como se pudo evidenciar en los experimentos, obreras de *E. ruidum* exploraron dentro de las boñigas hasta extraer las larvas. Una de las principales razones para que *E. ruidum* detectara las larvas dentro de los cebos sería gracias a las respuestas olfativas, una de las principales modalidades sensoriales llevadas a cabo a través de uno de los sistemas olfativos más avanzadas en los insectos. Estas respuestas son las responsables de

determinar los procesos de orientación y búsqueda de presas afines a la dieta (Wolf & Wehner 2000, Zube *et al.* 2008, Gronenberg 2008, López-Riquelme & Ramón 2010), que en conjunto con las estrategias de reclutamiento y organización de las hormigas, permiten explorar distintas fuentes de alimentos en diferentes condiciones, haciendo posible que se lleven a cabo procesos de remoción (Thomas & Framenau 2005, Witte *et al.* 2010). Así mismo, las condiciones en el ambiente, son un factor crucial para que se lleven a cabo las actividades depredadoras por parte de hormigas (Riera-Valera & Pérez-Sánchez 2009), para el caso puntal de *E. ruidum*, si bien es conocida por su alto grado de adaptabilidad y presencia en un amplio rango de ambientes; condiciones muy desfavorables y altos grados de perturbación dificultan el establecimiento de sus colonias (Santamaría *et al.* 2009), justificando su poca presencia en el potrero y poca actividad depredadora (2,66%).

Con respecto a los tiempos de llegada, es probable que, al igual como se ha reportado para otras cazadoras como el caso de la especie *Odontomachus chelifer*, *E. ruidum* realice actividad de exploración continua, es decir, una vez el recurso haya sido detectado, las actividades de remoción cesarán hasta confirmar el agotamiento y continuar posteriormente con la búsqueda de un nuevo recurso en las áreas restantes de exploración de la hormiga (Raimundo *et al.* 2009, Velasco-Granada *et al.* 2018). Como las condiciones del medio influyen en dicha actividad depredadora, los tiempos de llegada son menores en los elementos en donde las condiciones favorecen el desarrollo de la actividad, como el Ssp y zona en regeneración en contraste con el potrero.

El ciclo de vida de un organismo presenta etapas claves o críticas que aseguran el éxito o no de una población (Audesirk *et al.* 2003, Curtis & Schnek 2008). Para el caso de *M. domestica*, el periodo larval requiere un promedio de 6-7 días atravesando distintas etapas o instars, las cuales se desarrollan en estiércol o materia fecal haciendo de este periodo el más crítico, dado a que requieren condiciones específicas de temperatura e intensidad lumínica, y la imposibilidad de huir de depredadores (González-Monroy 1994, Cova & Scorza-Dagert 2006). El hecho de que se removiera un gran porcentaje de larvas del estiércol durante los experimentos, y teniendo en cuenta que esta etapa es la más crítica del ciclo de vida, permite contemplar la posibilidad de que *E. ruidum* pueda contribuir al control de las poblaciones de *M. domestica* en sistemas ganaderos.

## 7. CONCLUSIONES

Los modelos sostenibles como los sistemas silvopastoriles generan múltiples beneficios ambientales convirtiéndose en una alternativa eficiente de explotación, manteniendo su productividad y calidad ambiental.

Los Ssp garantizan una calidad ambiental, evaluada por la respuesta positiva de la macrofauna del suelo, en especial a través de la estructura y composición de las hormigas, en este estudio en particular, las cuales evidenciaron una mayor similitud a las zonas en regeneración empleadas como referencias positivas. Esto permite concluir que los Ssp funcionan como un sistema de rápida recuperación albergando un sinfín de grupos funcionales importantes.

Así mismo, los Ssp no solo albergan una riqueza considerable de hormigas, sino que además gracias a su composición vegetal, se recuperan al menos algunas funciones prestadas por estas como la depredación, soportando estos sistemas macrofauna edáfica de calidad que brindan funciones importantes como el control de plagas. La especie *Ectatomma ruidum* perteneciente al gremio de las depredadoras, fue capaz de depredar estadios larvales de *Musca domestica* en su ambiente natural, ejerciendo un posible potencial control al menos sobre los estadios larvales.

Por otro lado, aunque no fue posible evidenciar la acción de otras especies consideradas depredadoras y de importancia ecológica, no indica que no contribuyan de manera aditiva a la acción depredadora de *E. ruidum*, debido a que existen condiciones que no fueron evaluadas en este estudio. Es importante como próximo objetivo de futuros trabajos evaluar la preferencia alimenticia de *E. ruidum* así como su eficiencia de búsqueda y ataque para garantizar su papel depredador dentro de estos sistemas.

Todo lo anterior nos permite concluir que la implementación de hormigas para el control de la mosca doméstica podría ser una alternativa viable dentro de un manejo integrado de plagas en sistemas sostenibles.

## 8. ANEXOS

### Evidencias fotográficas

**Anexo 1.** Secuencia fotográfica donde se observa a *Ectatomma ruidum* removiendo larvas de los cebos de estiércol. En la secuencia tres se observa como la larva esta siendo atacada a través de picadura y mordedura por parte de *E. ruidum*, debido a que la larva intentó huir.



\* *Ectatomma ruidum*    + Larva de *Musca domestica*    C Cebo de estiércol

**Anexo 2.** *Ectatomma ruidum* transportando las larvas de *Musca domestica* que fueron dispuestas en los cebos de estiércol durante los experimentos



**Anexo 3.** Secuencia fotográfica donde se observa a *Ectatomma ruidum* entrando al nido con una larva de *Musca domestica* luego de ser removida.



\* *Ectatomma ruidum*    + Larva de *Musca domestica*    N Nido de *E. ruidum*

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Abbas, N., Ijaz, M., Ali, S. & Binyameen, M. (2016). Assessment of resistance risk to fipronil and cross resistance to other insecticides in the *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Veterinary Parasitology*, 223, 71-76.
- Aguilar, A., Lascano, S., Chiriboga, C., Villacís, J. & Pozo-Rivera, W. (2017). Diversidad de aves en cercas vivas y potreros del trópico húmedo del Ecuador. *Boletín Técnico 13, Serie Zoológica*, 12-13, 7-13.
- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 107-117.
- Alonso, O., Lezcano, J. & Suris, M. (2011). Composición trófica de la comunidad insectil en dos agroecosistemas ganaderos con *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit y *Panicum maximum* Jacq. *Pastos y Forrajes*, 34, 433-444.
- Andersen, A. (1997). Using as bioindicators: Multiscale issues in ant community ecology. *Ecology and Society*, 1(1), 3-17.
- Andrew, M. (1988). Grazing impact in relation to livestock watering points. *Trends in Ecology and Evolution*, 3(12), 336-339.
- Arcila, A. & Lozano-Zambrano, F. (2003). *Hormigas como herramientas para la bioindicación y el monitoreo*. En: Fernández, F. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt.
- Astaizá, J., Chaves, C., Benavides, C. & Vallejo, D. (2017). Hallazgos histopatológicos en la glándula mamaria de bovinos diagnosticados con mastitis clínica en la planta de beneficio del municipio de Ipiales, Colombia. *Revista De Medicina Veterinaria*, 33, 43-50.
- Audesirk, T., Audesirk, G. & Byers, B. (2003). *Biología, la vida en la tierra*. Usa: Pearson Educación.
- Aussenac, G. (2000). Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annals of Forest Science*, 287-301002E

- Baddi, M. & Abreu, J. (2006). Control biológico una forma sustentable de control de plagas (Biological control a sustainable way of pest control). *International Journal of Good Conscience*, 1(1), 82–89.
- Bahrndorff, S., De Jonge, N., Skovgård, H. & Nielsen, J. (2017). Bacterial communities associated with houseflies (*Musca domestica* L.) sampled within and between farms. *Plos One*, 12(1), 1-15.
- Barahona, R. & Sánchez, S. (2005). Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 69-82.
- Barragán, W., Mahecha, L, Moreno, J. & Cajas, Y. (2017). Comportamiento ingestivo diurno y estrés calórico de vacas bajo sistemas silvopastoriles y pradera sin árboles. *Livestock Research for Rural Developmen*, 29(12), 1-12.
- Basto-Estrella, G., Rodríguez-Vivas, I., Delfín-Gonzales, H. & Reyes-Novelo, E. (2012). Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 380–386.
- Bedolla, C. & Ponce de León, M. (2008). Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(4), 1-26.
- Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J., Somarriba, E. & Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestía de las Américas*, 10(37-38), 80-87.
- Béjar, V., Chumpitaz, J., Pareja, E., Valencia, E., Huamán, A., Sevilla, C., Tapia, M. & Saez, Gloria. (2006). *Musca domestica* como vector mecánico de bacterias enteropatógenas en mercados y basurales de Lima y Callao. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 23(1), 39-43.
- Benavides, E., N. Polanco, O. Vizcaino & O. Betancur. (2012). Criterios y protocolos para el diagnóstico de hemoparásitos en bovinos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5: 31–49.
- Blake, G. & Hartge, K. (1986). *Bulk Density*. En: Klute, A. *Methods of soil analysis*. Par1. *Physical and Mineralogical Methods*. Madison, Wisconsin: SSSA Book Series.

- Cabera-Dávila, G., Robaina, N. & Ponce De León, D. (2011). Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34(3), 331-346.
- Cabrera-Dávila, G., Socarrás-Rivero, A., Hernández-Vigoa, G., De León-Lima, D., Menéndez-Rivero, Y. & Sánchez-Rondón, J. (2017). Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra, en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 118-126.
- Calle, Z., Murgueitio, E. & Chará, J. (2012). Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, 63(239), 31–40.
- Castillo, M., Garfias, R., Julio, R., Gonzalez, L. (2012). Análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile. *Interciencia*, 37(11), 796-804.
- Chamorro, D., Parra, M., Pérez, N., Rey, N., Castrillón, C., Herrera, C., Molina, E., Ramírez, M., Pulido, M., Hernández, J., Nañez, J. & Arias, L. (2006). *Establecimiento de sistemas silvopastoriles como alternativa de producción ganadera sostenible en el Valle cálido del Bajo Magdalena*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Chander, J. & Prasad, V. (2018). *Agroforestry: Anecdotal to Modern Science*. Singapur, Singapur: Springer Nature Singapur.
- Chaneton, E. (2005). Factores que determinan la heterogeneidad de la comunidad vegetal en diferentes escalas espaciales. En: Oesterheld, M., Aguiar, M., Chersa, C. & Paruelo, J. La heterogeneidad de la vegetación en agroecosistemas.
- Chao, A. & Jost, L. (2012) Coverage-based rarefaction and extrapolation: Standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93, 2533–2547.
- Chaves, M., Chacón de Ulloa, P. & Lozano-Zambrano, F. (2008). Riqueza y rareza de hormigas cazadoras en el gradiente bosque-borde-pastizal de un fragmento de bosque subandino (Quindío, Colombia). En: Jiménez, E., Fernández, F., Arias, T. & Lozano-Zambrano, F. Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas.

- Chessel, D., Lebreton, J. & Yoccoz, N. (1987), 'Propriétés de l'analyse canonique des correspondances; une illustration en hydrobiologie', *Revue Statistique Appliquée*, 35(4), 55–72.
- Clarke, K. & Warwick, M. (2001). *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd ed. United Kingdom: Primer-E Ltd.
- Cortés, J., Betancourt, J., Argüelles, J. & Pulido, L. (2010). Distribución de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos y fincas del Altiplano cundiboyacense (Colombia). *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(1), 73-84.
- Cortinas, R. (2006). Ectoparasites of cattle and small ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 22(3), 673-693.
- Cova, L. J. & Scorza-Dagert, J. (2006). Control temporal de moscas caseras (*Musca domestica*) en galpones avícolas mediante nebulizaciones con conidias de *Beauveria bassiana*. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 46(2), 131-136.
- Crespo, G. (2008). Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(4): 329–335.
- Curtis, H. & Schnek, A. (2008). *Biología*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- De Araujo, J., Cunha, L. & Moya, D. (2011). Bienestar animal en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 79–87.
- De la Rosa, I. & Negrete-Yankelevich, S. (2012). Distribución espacial de la macrofauna edáfica en bosque mesófilo, bosque secundario y pastizal en la reserva La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(1), 201-215.
- De los Ángeles, M., Monterubbianesi, M., Studdert, G. & Maurette, S. (2014). Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia del Suelo*, 32(2), 171-176.
- De Vega, C. & Gómez, J. (2014). Polinización por hormigas: conceptos, evidencias y futuras direcciones. *Revista Ecosistemas*, 23(3), 48-57.

- Domínguez-Haydar, Y. & Armbrrecht, I. (2011). Response of ants and their seed removal in rehabilitation areas and forests at El Cerrejón coal mine in Colombia. *Restoration Ecology*, 19(201), 178-184.
- Escobar, S. Armbrrecht, I. & Calle, Z. (2007). Transporte de semillas por hormigas en bosques y agroecosistemas ganaderos de los Andes Colombianos. *Agroecología*, 2, 65-75.
- Escobar, A., Bartolomé, F. & González, N. (2017). Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*, 22, 39-49.
- Faith, D., Minchin, P. & Belbin, L. (1987). Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. *Vegetatio* 69: 57-68.
- Fajardo, D., Johnston-González, R., Neira, L., Chará, J. & Murgueito, E. (2009). Influencia de sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 58, 9-16.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2014). *Anuario Estadístico de la FAO 2014. La alimentación y la agricultura en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fedegan (Federación Colombiana de Ganaderos) & FNG (Fondo Nacional del Ganado). (2014). Bases para la formulación del plan de acción 2014 – 2018 para el mejoramiento de la ganadería del departamento de Atlántico. *Resumen y Conclusiones del Foro de Ganadería Regional Visión 2014-2018*. Barranquilla, Atlántico.
- Feinsinger, P. (2001). *Designing Field Studies for Biodiversity Conservation*. Washington, EEUU: Island Press
- Fernández, F. (1991). Las hormigas cazadoras del género *Ectomma* (Formicidae: Ponerinae) en Colombia. *Caldasia*, 16(79), 551-564.
- Fernández, F. (2003). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt.

- Fernández, E., Borges, M. & Valérico, H. (2013). Fungos asociados a *Musca domestica* capturadas através de armadilhas com isca química e busca direta. *Arquivos do Instituto Biológico*, 80(2), 213-215.
- Fortanelli, J. & Servín, M. (2002). Desechos de hormiga arriera (*atta mexicana* Smith), un abono orgánico para la producción hortícola. *Revista Tierra*, 20(2), 153-160.
- Gallego-Ropero, M. & Armbrecht, I. (2005). Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 76, 32-40.
- García, F. & Ibrahim, M. (2013) *Los árboles en los potreros para la reducción del estrés calórico del ganado en los trópicos*. En: Sánchez, D., Villanueva, C., Rusch, G., Ibrahim, M. & De Clerck, F. *Estado del Recurso Arbóreo en Fincas Ganaderas y su Contribución en la Sostenibilidad de la Producción en Rivas, Nicaragua*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.
- Garzón, J. (2011). Cambio climático en la ganadería: ¿Cómo afecta la producción ganadera? *Revista Electrónica de Veterinaria*, 12(8), 1-8.
- Gomes, L., Desuó, I., Gomes, G. & Giannotti, G. (2009). Behavior of *Ectatomma brunneum* (Formicidae: Ectatomminae) preying on dipterans in field conditions. *Journal Sociobiology*, 53(3), 913-926.
- Gómez, D., Godoy, C. & Coronel, J. (2016). Macrofauna edáfica en ecosistemas naturales y agroecosistemas de la eco-región Esteros del Iberá (Corrientes, Argentina). *Ciencias del Suelo*, 34(1), 43-56.
- González-Monroy, M. (1994). Dinámica poblacional y parasitismo de la mosca doméstica, *Musca domestica*, y la mosca del establo, *Stomoxys calcitrans*. Honduras: El Zamorano.
- González, J., Prieto-Avella, E. & Ángel-Sahagún, C. (2016). Evaluación de piretroides comerciales sobre *Musca domestica* (L.) presente en granjas porcícolas. *Verano de la Investigación Científica*, 2(1), 34-38.
- González-Valdivia, N., González-Escolástico, G., Barba, E., Hernández-Daumas, S. & Ochoa-Goana, S. (2013). Mirmecofauna asociada con sistemas agroforestales en el Corredor

- Biológico Mesoamericano en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1), 306-317.
- González-Valdivia, N., Barba-Macías, E., Hernández-Daumas, S. & Ochoa-Goana, S. (2014). Avifauna en sistemas silvopastoriles en el Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(3), 1031-1052.
- Gronenberg, W. (2008). Structure and function of ant (Hymenoptera: Formicidae) brains: strength in numbers. *Myrmecological News*, 11, 25-36.
- Guisande, C., Vaamonde, A. & Barreiro, A. (2013). *Tratamiento de datos con R, STATISTICA y SPSS*. España: Diaz De Santos.
- Gutiérrez, F. (2006). Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt.
- Guzmán-Mendoza, R., Zabala-Hurtado, J., Castaño-Meneses, G. & León-Cortés, J. (2014). Comparación de la mirmecofauna en un gradiente de reforestación en bosques templados del centro occidente de México. *Madera y Bosques*, 20(1), 71-83.
- Hernández, E., Maurilio, B., Raymundo, A., Hernández, A. & Hernández, F. (2017). Envejecimiento acelerado y vigor de semillas del pasto *Brachiaria brizantha* cv Insurgente. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 705-711.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. & Rojas, J. (2006). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*, 29(4), 383-419.
- Ibrahim, M., Villanueva, C. & Casasola, F. (2007) Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América. 15, 1–34.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). (2017). La extralimitada ganadería en la región Caribe. Bogotá, Colombia.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Recuperado de <https://noticias.igac.gov.co/es/contenido/la-extralimitada-ganaderia-en-la-region-caribe>.
- Iglesias, M., Simón, L., Lamela, L., Hernández, D., Hernández, I., Milera, M., Castillo, E. & Sánchez, T. (2006). Sistemas agroforestales en Cuba: algunos aspectos de la producción animal. *Pastos Y Forrajes*, 29(3), 1–12.

- Jiménez, E., Lozano-Zambrano, F. & Álvarez-Saa, G. (2008). Diversidad alfa y beta de hormigas cazadoras del suelo en tres paisajes ganaderos de los andes centrales de Colombia. En: Jiménez, E., Fernández, F., Arias, T. & Lozano-Zambrano, F. Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas.
- Jiménez-Soto, E., Cruz-Rodríguez, J., Vandermeer, J. & Perfecto, I. (2013). *Hypothenemus hampei* (coleoptera: curculionidae) and its interactions with *Azteca instabilis* and *Pheidole synanthropica* (hymenoptera: formicidae) in a shade coffee agroecosystem. *Environmental Entomology*, 42(5), 915-924.
- Jiménez-Carmona, E., Domínguez-Haydar, Y., Henao, N. & Zabala, G. (2015). *Las hormigas en el monitoreo de la restauración ecológica*. En: Aguilar-Garavito, M. & Ramírez, W. *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres*. Bogotá, Colombia.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363-375.
- Keiding, J. (1986). *The House Fly - Biology and control*. Lyngby, Dinamarca: Organización Mundial de la Salud.
- Keller, R. (2011). A phylogenetic analysis of ant morphology (Hymenoptera: Formicidae) with special reference to the poneromorph subfamilies. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 335, 1-90.
- Kolasa, J. (1989). Ecological systems in hierarchical perspective: Breaks in community structure and other consequences. *Ecology*, 70(1), 36-47.
- Larsen, A. & Philpott, S. (2010). Twig-nesting ants: the hidden predators of the coffee berry borer in Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 42(3), 342-347.
- Lattke, J. (2003). *Subfamilia Ponerinae*. En: Fernández, F. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Lee R. (1978). *Forest microclimatology*. New York, USA: Columbia University Press.
- Libreros, H. (2015). Sistemas silvopastoriles: Opción para la mitigación y adecuación al cambio climático en bosque seco tropical. *Revista Semillas*, 57, 1-7.

- López-Barrera, F. (2004). Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas*, 13(1), 67-77.
- López-Riquelme, G. O., & Ramón, F. (2010). El mundo feliz de las hormigas. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 13(1), 35-48.
- López-Vigoa, O., Sanchez-Santana, T., Iglesias-Gómez, J., Lamela-López, L., Soca-Pérez, M., Arece-García, J. & Milera-Rodríguez, M. (2017). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 83-95.
- Lozano-Zambrano, F. (2009). *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. EEUU: Blackwell Science Ltd.
- Mahecha, L. (2002). El silvopastoreo : Una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 15(2), 226–231
- Mariategui, P., Speicys, C. & Urretabizkaya, N. (2002). Capacidad de predación de *Philonthus flavolimbatus* e. (Coleoptera: Staphylinidae) sobre estadios inmaduros de *Haematobia irritans* L. (Diptera: Muscidae). *Revista Científica Agropecuaria*, 6, 53–56.
- Martínez, I. & Lumaret, J. (2006). Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(1), 57-68.
- Martiradonna, G., Soto, A. & Gonzáles, J. (2009). Protocolo de cria de *Musca domestica* en laboratorio. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 49(2), 317-319.
- Mgocheki, N. & P. Addison. (2009). Interference of ants (Hymenoptera: Formicidae) with biological control of the vine mealybug *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biological Control*, 49(2), 180–185
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. & Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Colombia/Costa Rica: Centro Para La Investigación En Sistemas Sostenibles De Producción Agropecuaria CIPAV- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE.

- 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.
- Mora, J. (2015). Importancia de los doseles arbóreos para mejorar la producción y generar servicios ecosistémicos. *Agroforestía Neotropical*, 5, 1-6.
- Murgueitio, E., R. Barahona, M. Flores, R. Mauricio & J. Molina. (2015). The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(4), 541–554.
- Nahed-Toral, J., Sanchez-Muñoz, B., Mena, Y., Ruíz-Rojas, J., Aguilar-Jimenez, R., Castel, J., De Asis Ruíz, F., Orantes-Zebadua, M., Manzur-Cruz, J. & Delgadillo-Puga, C. (2013). Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 43, 136-145.
- Navia, J., Muñoz, D. & Solarte, J. (2017). Caracterización del componente arbóreo de cercas vivas en sistemas agroforestales en el departamento de Nariño. *Temas Agrarios*, 22(2), 80-89.
- Nazni, W., Seleena, B., Lee, H., Jeffery, J., Rogayah, T. & Sofian, M. (2005). Bacteria fauna from the house fly, *Musca domestica* (L.). *Tropical Biomedicine*, 22(2), 225-231.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcuita, S. & Favila, M. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461-1474.
- Norden, N. (2014). Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2), 247-261.
- Oliveira, P., Galetti, M., Pedroni, F. Morellato, P. (2004). Seed cleaning by *Mycocepurus goeldii* ants Attini facilitates germination in *Hymenacea courbaril* (Caesalpinaceae). *Biotropica*, 27, 12–27.
- Olivero, D., Guerrero, R. & Escárraga, M. (2009). Claves taxonómicas para las hormigas cazadoras (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae S. STR., Ectatomminae, Heteroponerinae) de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Intrópica*, 4, 17-28.

- Pascoeti, R., Soldá, N., Sczesny, T., Machado, G., Zamperete, C., Camilo, G., Flores, F., Simioni, F., Samia, L., Fátima, J. & Schafer, A. (2016). Los parásitos en las granjas de ganado lechero en el sur de Brasil. *Revista Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de Córdoba*, 21(2), 5304-5315.
- Pashanasi, B. (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica*, 12(1-2), 75-102.
- Paulson, G. & Akre, R. (1992). Evaluating the effectiveness of ants as biological control agents of pear phyla (Homoptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology*, 85(1), 70–73.
- Pérez, A., Bornemann, G., Campo, L., Sotelo, M., Ramírez, F. & Arana, I. (2005). Relaciones entre biodiversidad y producción en sistemas silvopastoriles de América Central. *Revista Ecosistemas*, 14(2), 132-141.
- Pérez, A., Sotelo, M., Ramírez, F., López, A. & Siria, I. (2006) Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de Matiguás y Rio Blanco (Matagalpa-Nicaragua). *Revista Ecosistemas* 15(3), 125–141.
- Pérez-Toledo, G., Valenzuela-Gonzales, J., Flores-Gálvan, C., Gallardo-Hernández, C., Vásquez-Torres, V, & García-Martínez, M. (2016). Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a tres tipos de vegetación de un paisaje agropecuario en Veracruz. *Ecología y Comportamiento*, 3, 582-588.
- Perfecto, I. & Vandemeer, J. (2001). Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in Southern Mexico. *Conservation Biology*, 16(1), 174-182.
- Philpott, S. & Ambrecht, I. (2006). Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology*, 31, 369-377.
- PITTA (Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria). (2011). *Guía Práctica de diagnóstico de la mosca del establo Stomoxys calcitrans y otros dípteros asociados a rastrojos de piña*. Costa Rica: Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de la Piña – PITTA Piña.
- Porta, J., López-Acevedo, M. & Poch, R. (2008). *Introducción a la edafología (uso y protección del suelo)*. Madrid, España: Mundi tPrensa.

- Promis, A., Caldentey, J. & Ibarra, M. (2010). Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus pumilio* y el efecto de una corta de regeneración. *Bosque (Valdivia)*, 31(2), 129-139.
- Quintanilla, V. (2000). Influencia del fuego en el desequilibrio ecológico de la vegetación en la zona mediterránea de Chile: casos de estudio. *Investigaciones Geográficas*, 34, 3-16.
- R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Raimundo, R., Freitas, A. & Oliveira, P. (2009). Seasonal patterns in activity rhythm and foraging ecology in the neotropical forest-dwelling ant, *Odontomachus chelifer* (Formicidae: Ponerinae). *Annals of the Entomological Society of America*, 102(6), 1151-1157.
- Ramírez-Ramírez, M., Montoña-Lerma, J. & Armbrecht, I. (2009). Importancia de la heterogeneidad de hábitats para la biodiversidad de hormigas en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*, 58(2), 97-102.
- Ramírez, M., Herrera, J. & Armbrecht, I. (2010). ¿Bajan de los árboles las hormigas que depredan en potreros y cafetales colombianos? *Revista Colombiana de Entomología*, 36(1), 106-115.
- Ramírez, M., Chará, J., Pardo-Locarno, L., Montoya-Lerma, J., Armbrecht, I., Molina, C. & Molina, E. (2012). Biodiversidad de hormigas hipógeas (Hymenoptera: Formicida) en agroecosistemas del Cerrito, Valle del Cauca. *Livestock Research for Rural Development*, 24(1).
- Riera-Valera, M., & Pérez-Sánchez, A. J. (2009). Notas acerca de la dieta de *Ectatomma ruidum* (Roger 1861) (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) en un jardín venezolano. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 44, 550-552.
- Ríos, N., Cárdenas, A., Andrade, H., Ibrahim, M., Jiménez, F., Sancho, F., Ramírez, E., Reyes, B. & Woo, A. (2006). Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestía en las Américas*, 45, 66-71.
- Rivera, L. & Armbrecht, I. (2005). Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(1), 89-96.

- Rivera, L., Ambrecht, I. & Calle, Z. (2013). Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181, 188–194.
- Rodríguez-Vivas, R. & Domínguez-Alpizar, L. (1998). Grupos entomológicos de importancia veterinaria en Yucatán, México. *Revista Biomedica*, 9(1), 26-37.
- Rodríguez, I., Torres, V., Crespo, G. & Fraga, S. (2002). Biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(4), 403-408.
- Rodríguez, I., Crespo, G., Morales, A., Calero, B. & Fraga, S. (2011). Comportamiento de los indicadores biológicos del suelo en unidades lecheras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 187-193.
- Rojas, P., Fragoso, C. & Mackay, W. (2014). Ant communities along a gradient of plant succession in Mexican tropical coastal dunes. *Sociobiology*, 61(2), 119-132.
- Roth, D., Perfecto, I. & Rathcke, B. (1994). The effects of management systems on ground-foraging ant diversity in Costa Rica. *Ecological Society of America*, 4(3), 423–436.
- Rubio, A. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del Parque Natural Los Alcornoces* (Tesis de pregrado). Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Salas, C. & Larraín, P. (2008). Moscas asociadas a la producción pecuaria. *Revista Tierra Adentro*, 80, 45-47
- Salazar, B., Barahona-Rosales, R. & Sánchez, M. (2016). Carga de garrapatas en bovinos *Bos taurus* que pastorean en dos sistemas productivos contrastantes. *Revista MVZ (Medicina Veterinaria y Zootecnia)*, 21(2), 5404-5416.
- Sanabria, C., Ambrecht, I. Gutiérrez-Chacón, C. (2008). Diversidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) en cinco sistemas productivos de los Andes Colombianos. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(2), 217-223.
- Sánchez, S. & Reinés, M. (2001). Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. *Revistas Pastos y Forrajes*, vol. 24(3).
- Sánchez, S. & Milera, M. (2002). Dinámica de la macrofauna edáfica en la sucesión de un sistema de manejo de gramíneas a un sistema con árboles intercalados en el pasto. *Pastos y Forrajes*, 25(3), 189-194.

- Santamaría, C., Domínguez-Haydar, Y. & Armbrecht, I. (2009). Cambios en la distribución de nidos y abundancia de la hormiga *Ectatomma ruidum* (Roger 1861) en dos zonas de Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 10, 10-18.
- Saueressig, M. (2007). Control racional de la parasitosis bovina con bajo impacto ambiental. *XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forraje en Sistemas de Producción Animal*, 1-13.
- Schargel, R. & Delgado, F. (1990). Características y manejo de los suelos utilizados en la producción de carne en Venezuela. En: Plasse, D., Peña de Borsotti, N. *VI Cursillo sobre Bovinos de Carne*. Maracay: FCV-UCV.
- Schatz, B. Lachaud, J. & Beugnon, G. (1996). Polyethism within hunters of the ponerine ant, *Ectatomma ruidum* Roger (Formicidae, Ponerinae). *Insectes Sociaux*, 43(2), 111-118.
- Sendoya-Corrales, C. & Bustillo-Pardey, A. (2016). Enemigos naturales de *Stenomoma cecropia* (Lepidoptera: Elachistidae) en palma de aceite, en el suroccidente de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(2), 146-154.
- Serrada-Hierro, R. (2003). Regeneración natural: Situaciones, concepto, factores y evaluación. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 15, 11-15.
- Silva, C., Cevallos, R., Sarabia, M. & Boza, J. (2016). Impacto en el medio ambiente de las actividades agropecuarias en el cantón el empalme, Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. 1-17
- Silvestres, R., Brandao, C. & Rosa, R. (2003). *Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado*. En: Fernández, F. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt.
- Solano, S. (2010). Del "antilatfundismo sociológico" al revisionismo historiográfico. La ganadería en la historiografía sobre región Caribe colombiana. *Revista Mundo Agrario*, 10(20), 1-38.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. & De Haan, C. (2009). *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Strickler, G. 1959. Use of the densiometer to estimate density of forest canopy on permanent sample plots. *Research Note*, 180(2), 1-5.

- Thomas, M. & Framenau, V. (2005). Foraging decisions of individual workers vary with colony size in the greenhead ant *Rhytidoponera metallica* (Formicidae, Ectatomminae). *Insectes Sociaux*, 52(1), 26-30.
- Toro, J. (2011). Situación actual del sector agropecuario en Antioquia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3), 360-361.
- Torres, J. (1984). Diversity and distribution of ant communities in Puerto Rico. *Biotropica*, 16(4), 296-303.
- Vallejo, V. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia Forestal*, 16(1), 83-99.
- Vallejo, V., Afanador, L., Hernández, M. & Parra, D. (2018). Efecto de la implementación de diferentes sistemas agrícolas sobre la calidad del suelo en el municipio de Cachipay, Cundinamarca, Colombia. *Revista Bioagro*, 30(1), 1316-1361.
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2).
- Varón, E., Hanson, P., Borbón, O., Carballo, M. & Hije, L. (2004). Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 73, 42-50.
- Varón, E., Barbera, N., Hanson, P., Carballo, M. & Hilje, L. (2005). Potencial de depredación de *Hypsipyla grandella* por hormigas, en cafetales de Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 74, 17-23.
- Vázquez, P., & L. Zulaica. (2013). Agricultural intensification and loss of environmental services in the Azul county, Province of Buenos Aires (Argentina) Between 2002-2011. *Sociedade & Natureza*, 25(3), 543-556.
- Veissier I., Van Laer, E., Palme R., Moons, C., Ampe, B., Sonck, B., Andanson, S. & Tuytens, F. (2017) Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *Biometeorol*, 62: 585-595.
- Vela-Vargas, I. & Pérez-Torres, J. (2012). Murciélagos asociados a remanentes de bosque seco tropical en un sistema de ganadería extensiva (Colombia). *Chiroptera Tropical*, 18(1), 1089-1100.

- Velasco-Granada, A., Montoya-Lerma, J. & Londoño-Sánchez, C. (2018). *Eficiencia de depredación de dos especies de hormigas (Formicidae) sobre picudos plaga (Curculionidae) en plátano* (Tesis de pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Velázquez, J., Joly, L., García, L., Romero, Y., González, M. & Medina, M. (2006). Enemigos naturales del “Picudo del Agave” *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) en el Estado Falcón, Venezuela. *Entomotropica*, 21(3), 185-193.
- Vélez, M., Bustillo, A. & Posada, F. (2006). Depredación de *Hypothenemus hampei* por hormigas durante el secado solar del café. *Manejo Integrado de Plagas Y Agroecología*, 77, 62-69.
- Verzero, F., Sgarbi, C., Culebra, S. & Ricci, M. (2014). Grupos funcionales dominantes de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en pastizales naturales con y sin pastoreo del noroeste de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 113(2), 107-113.
- Way, M., Cammell, E., Bolton, B. & Kanagaratnam, P. (1989). Ants (Hymenoptera: Formicidae) as egg predators of coconut pests, especially in relation to biological control of the coconut caterpillar, *Opisina arenosella* Walker (Lepidoptera: Xyloryctidae), in Sri Lanka. *Bulletin of Entomological Research*, 79, 219–233.
- Witte, V., Schliessmann, D. & Hashim, R. (2010). Attack or call for help? Rapid individual decisions in a group-hunting ant. *Behavioral Ecology*, 21(5), 1040-1047.
- Wolf, H., & Wehner, R. (2000). Pinpointing food sources: olfactory and anemotactic orientation in desert ants, *Cataglyphis fortis*. *Journal of Experimental Biology*, 203(5), 857-868.
- Zapata, R. (2012). Artrópodos como ectoparásitos y vectores de microorganismos relacionados con el proceso de infección – salud – enfermedad en animales de producción, animales de compañía y humanos. *Hechos Microbiológicos*, 3(1), 63-66.
- Zerbino, M., Altier, N., Morón, A. & Rodríguez, C. (2008). Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia, Uruguay*, 12 (1), 44-55.
- Zube, C., & Rössler, W. (2008). Caste-and sex-specific adaptations within the olfactory pathway in the brain of the ant *Camponotus floridanus*. *Arthropod structure & development*, 37(6), 469-479.