

EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOSISTÉMICO DE LAS COBERTURAS  
VEGETALES ASOCIADAS A LA QUEBRADA RENACER DEL JARDÍN BOTÁNICO  
DE POPAYÁN MEDIANTE BIOINDICADORES ECOLÓGICOS DE LA FAMILIA  
FORMICIDAE

HELEN ANDREA CALAMBAS MUELAS

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

POPAYÁN – CAUCA

2018

EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOSISTÉMICO DE LAS COBERTURAS  
VEGETALES ASOCIADAS A LA QUEBRADA RENACER DEL JARDÍN  
BOTÁNICO DE POPAYÁN MEDIANTE BIOINDICADORES ECOLÓGICOS DE  
LA FAMILIA FORMICIDAE

HELEN ANDREA CALAMBAS MUELAS

Trabajo de grado como requisito para optar al título de Ecólogo

Director

Carlos Andrés Duran Enríquez

Biólogo, Doctorante en Ciencias Ambientales

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

POPAYÁN – CAUCA

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado

Carlos A. Durán

Director: Carlos Andrés Duran



Luis Gerardo Ghilto



Juan Carlos Mora

Popayán, Noviembre 2018

## DEDICATORIA

*En memoria a Luis Fernando Velasco Muelas.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre Ana Lilia Muelas, a mis hermanas Claudia y Alejandra Calambas.

A mi tío Licerio y a mi compañero de vida Andersson Causaya.

A Harold Delgado, “El Guagua”, William Noguera, Darly Rodríguez y Alejandra Sancho por su amistad y apoyo académico y al resto de mis compañeros con los que compartimos clases.

A los profesores que me guiaron en mi formación Julieth Chacon, Marlen Calvache, Horacio López, Daniel Feriz.

A mi director del presente trabajo Carlos Andrés Duran y a mi asesor Yamid Mera.

Y a la ecología y los seres del bosque.

## CONTENIDO

1.INTRODUCCIÓN .....	11
2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	16
4. HIPÓTESIS.....	17
5. OBJETIVOS.....	18
6. JUSTIFICACIÓN .....	19
7. MARCO TEÓRICO .....	21
8. ANTECEDENTES .....	28
9. ESTADO DEL ARTE .....	33
10. MARCO METODOLÓGICO .....	36
10.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	36
10.1.1 Componente abiótico y biótico .....	37
10.1.1.1 Hidrología.....	37
10.1.1.3 Flora.....	38
10.3 FASE DE CAMPO.....	44
10.4 FASE DE LABORATORIO .....	46
10.4.1 Identificación y conservación del material recolectado .....	46
10.5 ANÁLISIS DE DATOS.....	47
10.5.1 Índices diversidad alfa y beta.. .....	47
10.5.3 Índice de Simpson.....	48
10.5.4 Índice de similitud Jaccard (coeficiente de similitud).....	48
10.5.6 Perfil de rango abundancia.....	49
10.5.7 Tabla de especies indicadoras de Formicidae.....	49
10.5.8 Revisión bibliográfica interacciones ecológicas Formicidae.....	49
11. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIONES .....	50
11.3.1 Índice de Margalef.....	62
11.4.1 Índice de Simpson.....	64
11.4.2 Índice de Shannon Wiener .....	66
11.5.1 Índice de similitud de Jaccard .....	68
12. CONCLUSIONES .....	89
13. RECOMENDACIONES .....	91
14. BIBLIOGRAFÍA .....	92

14. ANEXOS.....	100
GLOSARIO .....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

pág.

<b>Tabla 1.</b> Abundancia por subfamilias, géneros y especies de la familia Formicidae.....	54
<b>Tabla 2.</b> Valor índice de Jaccard por coberturas.....	67
<b>Tabla 3.</b> Géneros y especies bio-indicadoras del Jardín Botánico de Popayán....	69

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

pág.

<b>Gráfica 1.</b> Precipitación ambiental.....	37
<b>Gráfica 2.</b> Curva de acumulación de especies coberturas vegetales Quebrada Renacer.....	49
<b>Gráfica 3.</b> Curva acumulación de especies cobertura bosque.....	50
<b>Gráfica 4</b> Curva de acumulación de especies cobertura vegetal rastrojo.....	51
<b>Gráfica 5.</b> Curva de acumulación de especies cobertura vegetal cultivos.....	52
<b>Gráfica 6.</b> Abundancia de individuos por subfamilias.....	56
<b>Gráfica 7.</b> Representatividad de géneros por subfamilias.....	58
<b>Gráfica 8.</b> Riqueza específica por coberturas vegetales.....	59

<b>Gráfica 9.</b> Dominancia de Simpson por coberturas vegetales.....	62
<b>Grafica 10.</b> Diversidad por coberturas vegetales asociadas Q Renacer.....	64
<b>Gráfica 11.</b> Dendrograma similitud índice de Jaccard coberturas vegetales asociadas a la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán.....	66
<b>Gráfica 12.</b> Curva rango abundancia - especies de Formícidos cobertura vegetal cultivos asociada Quebrada Renacer.....	70
<b>Gráfica 13.</b> Curva rango abundancia - especies de Formícidos cobertura vegetal rastrojo asociada a la Quebrada Renacer.....	74
<b>Gráfica 14.</b> Curva rango abundancia – especies de Formícidos cobertura vegetal bosque asociado Quebrada Renacer .....	77
<b>Grafica 15.</b> Interacciones ecológicas Formicidae por coberturas vegetales.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
<b>Imagen 1.</b> Cobertura vegetal cultivo agrícola – Jardín Botánico de Popayán.....	40
<b>Imagen 2.</b> Bosque Quebrada Renacer – Jardín Botánico de Popayán.....	41
<b>Imagen 3.</b> Cobertura vegetal rastrojo – Jardín Botánico de Popayán.....	43
<b>Imagen 4.</b> Trampa pitfall.....	44
<b>Imagen 5.</b> Trampas Winkler.....	45
<b>Imagen 6.</b> Colecta manual.....	46

## RESUMEN

La deforestación, agricultura, minería, urbanización y contaminación, son factores que contribuyen a la disminución de la diversidad biológica, la degradación de los ecosistemas y los bienes y servicios que ofertan. En la presente investigación se evaluó el estado ecosistémico de las coberturas vegetales asociadas a la quebrada renacer (bosque, cultivos y rastrojo) del jardín botánico de Popayán, mediante bioindicadores ecológicos pertenecientes a la familia Formicidae (hormigas) caracterizados por ser organismos ideales para el conocimiento del estado de los ecosistemas.

Se utilizó la metodología propuesta por Holldobler Bert, así como la metodología de hormigas del instituto de investigación Alexander Von Humboldt, la cual consiste en la instalación de métodos de colecta como trampas winkler, pitfall y colecta manual, que se instalaron de forma equidistante cada 10 metros en un trasecto de 100 metros de longitud. Posteriormente, se realizó la identificación taxonómica de los individuos. Los datos obtenidos se analizaron mediante índices de diversidad, riqueza y abundancia como Shannon, Simpson, Margalef, curvas de acumulación de especies y perfiles de rango abundancia. Como resultado se obtuvo un registro de 2383 individuos, 29 morfo especies pertenecientes a 6 subfamilias y 18 géneros.

El índice de Shannon demuestra que la cobertura más diversa es la cobertura bosque y el índice de Simpson que la cobertura con mayor dominancia es la cobertura de cultivo. De esta forma, se logró evidenciar que las hormigas juegan un rol fundamental en todo tipo de ecosistemas, permitiendo entender las dinámicas ecológicas de los ecosistemas de estudio y a su vez se puede destacar su utilidad en la creación de estrategias de restauración y conservación de áreas de importancia ambiental.

**PALABRAS CLAVE:** HORMIGAS, DIVERSIDAD, BIOINDICADORES ECOLÓGICOS, ECOSISTEMA, INTERACCIONES, JARDÍN BOTÁNICO.

### **ABSTRACT**

Deforestation, agriculture, mining, urbanization and pollution are factors that contribute to the reduction of biological diversity, the degradation of ecosystems and the goods and services that they offer. In the present investigation, the ecosystemic status of the vegetation cover associated to the Renacer creek (forest, crops and stubble) of the botanical garden of Popayán was evaluated through ecological bioindicators belonging to the Formicidae family (ants) characterized by being ideal organisms for knowledge. Of the state of ecosystems.

The methodology proposed by Holldobler Bert was used, as well as the ant methodology of the Alexander Von Humboldt research institute, which consists of the installation of collection methods such as winkler, pitfall and manual collection traps, which were installed equidistantly every 10 meters in a 100 meters long pass. Subsequently, the taxonomic identification of the individuals was carried out. The data obtained were analyzed through indices of diversity, richness and abundance such as Shannon, Simpson, Margalef, species accumulation curves and abundance range profiles. As a result, a registry of 2383 individuals was obtained, 29 morph species belonging to 6 subfamilies and 18 genera.

The Shannon index shows that the most diverse coverage is forest coverage and the Simpson index that the coverage with the highest dominance is crop coverage. In this way, it was possible to demonstrate that the ants play a fundamental role in all types of ecosystems, allowing us to understand the ecological dynamics of the study ecosystems and at the same time highlight their usefulness in the creation of restoration and conservation strategies in the areas of environmental importance.

**KEY WORDS:** ANTS, DIVERSITY, ECOLOGICAL BIOINDICATORS, ECOSYSTEM, INTERACTIONS, BOTANICAL GARDEN.

## 1. INTRODUCCIÓN

Según Aguilar Mauricio y Ramirez Wilson<sup>1</sup> la utilización de hormigas como indicadores ecológicos y ambientales en procesos de restauración ecológica en Colombia, es un tema de gran interés y de uso potencial para los retos de la conservación de la diversidad del país, debido a las actividades antropogénicas, tales como: minería, agricultura y modificación del paisaje, se han afectado drásticamente los ecosistemas provocando pérdida creciente de la biodiversidad conocida, Domínguez Carmen considera que las hormigas aportan a procesos de bioindicación y rehabilitación de ecosistemas.<sup>2</sup>

Octavio German *et al*<sup>3</sup> aseguran que se reconocen las hormigas como un conjunto de individuos bioindicadores de ecosistemas perturbados debido a su diversidad biológica y su respuesta a los cambios que alteran los ecosistemas, ya que se pueden encontrar fácilmente en variedad de hábitats desde bosque natural, cultivos, hasta en zonas urbanas. Además establecen interacciones ecológicas con otras especies vegetales y animales, además su evolución les ha permitido establecer interacciones con diferentes tipos de plantas, muchas de las cuales presentan modificaciones estructurales para propiciarle alimento y refugio a este grupo de insectos.

Según Harriet Subas y Hessler Edward<sup>4</sup> al cambiar o al fragmentarse la vegetación a la que están adaptadas las hormigas, se afecta significativamente la estructura y

---

<sup>1</sup> AGUILAR, Mauricio y RAMIREZ, Wilson. Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. hormigas en el monitoreo de la restauración ecológica. 1 ed. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2015. 250 p.

<sup>2</sup> DOMINGUEZ, Carmen. Diversidad de hormigas en remanentes de vegetación afectado por el ganado y propuesta de algunas medidas de rehabilitación (Cuenca del Rio Cesar, Colombia). Máster universitario en restauración de ecosistemas. Alcalá, España: Universidad de Alcalá. 2011. 45 p.

<sup>3</sup> OCTAVIO, German; LOPEZ, Riquelme y RAMON, Fidel. El mundo feliz de las hormigas. En: Revista especializada en ciencias químico biológicas. Mayo, 2010. Vol. 1. No. 13., p.35-48.

<sup>4</sup> HARRIETT, Subas y HESSLER, Edward. Investigando a las hormigas: proyectos para mentes curiosas. Tradumont. Obtenido de <http://www.tradumot.com>. (12 febrero 2017).

composición de las especies que residen en el ecosistema, puesto que ecológicamente este conjunto de individuos son importantes en la mayoría de niveles tróficos por sus características de predadoras, cortadoras, descomponedores y dispersoras de semillas dentro de los ecosistemas, siendo consideradas a su vez como ingenieros del ecosistema.

En la presente investigación se realizó la evaluación del estado ecosistémico de las diferentes coberturas vegetales asociadas a la quebrada Renacer perteneciente al Jardín Botánico de Popayán, mediante la utilización de bioindicadores ecológicos pertenecientes a la familia Formicidae, donde se analizaron las interacciones ecológicas entre las especies de cada cobertura vegetal y se estimó la diversidad biológica de esta familia mediante los índices de diversidad, la obtención de perfiles de rango de abundancia y el uso del criterio de presencia - ausencia de especies claves para la bioindicación.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el quinto informe nacional de biodiversidad<sup>5</sup> Colombia posee cerca del 10 % de toda la biodiversidad del mundo, en la actualidad se cataloga como un país de gran diversidad, por factores como su ubicación geográfica, climatológica, ecológica y evolutiva, que han generado como resultado un mosaico complejo de ecosistemas.

El instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt <sup>6</sup> asevera que esta biodiversidad se ha visto amenazada por la pérdida de hábitats naturales y/o la degradación de ecosistemas que están ligados a las invasiones biológicas, vacíos de información, cambio climático y actividades de origen antrópico como la ganadería extensiva, la expansión agrícola, la deforestación, la minería, los cultivos de uso ilícito, la sobreexplotación de especies silvestres, el tráfico, la caza, la contaminación de los recursos hídricos y el desarrollo de la población urbana e industrial.

Razón por la cual el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible <sup>7</sup> Como medida de mitigación frente a la pérdida de biodiversidad, dispone de la “política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos” (PNGIBSE) que es una política de estado que tiene como meta promover la “gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos” (GIBSE) dicha política incluye a los

---

<sup>5</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Bogotá, D.C., Colombia. 2014. p.38.

<sup>6</sup> Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt - Biodiversidad Colombiana: Números Para Tener En Cuenta. [EN LINEA]. Boletines y Comunicados. 11 de septiembre 2017. [Citado en 22 de agosto de 2018]. Disponible en internet: <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1087-biodiversidad-colombiana-numero-tener-en-cuenta>

<sup>7</sup> Colombia. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Actualización Política Nacional Biodiversidad 1996. Política Nacional para la Gestión Integral De La Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos. Documentos Ministerio de Ambiente. Bogotá, 2014. p. 20 - 22.

jardines botánicos como usuarios directos que hacen uso de la biodiversidad y que además son productores de conocimiento, acerca de la conservación de los ecosistemas mediante la investigación científica, conocimiento empírico y tradicional, para mejorar y orientar la capacidad de gestión de las instituciones públicas concernientes a la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

Olaya Andrea *et al*<sup>8</sup> aseguran que los jardines botánicos del país se han acogido al convenio de diversidad biológica con la ley 164 de 1994 y la convención de comercio internacional de especies de fauna y flora silvestres amenazadas. Parra Carlos y Díaz Santiago<sup>9</sup> afirman que en Colombia se registraron 25 jardines botánicos hasta el año 2015 constituidos en su mayoría por las universidades nacionales y del que hace parte el jardín botánico de Popayán (JBP).

El (JBP) es un centro para la educación, investigación y conservación de la biodiversidad local y regional, en el que se trabaja en conjunto con la comunidad educativa. El (JBP) hace parte del campus universitario los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán (FUP) que de acuerdo a la zonificación de las unidades de paisaje de Bambagüe Carolina y Arboleda Enrique<sup>10</sup> se ha delimitado por el manejo y uso de suelo, infraestructura y coberturas vegetales. De tal forma, que la infraestructura es un área destinada para las aulas de clases, laboratorios y oficinas administrativas, el área de producción agropecuaria y finalmente el área destinada a la conservación que corresponde al jardín botánico; la cual cuenta con diferentes

---

<sup>8</sup> OLAYA, Andrea; RIVERA Adriana y RODRÍGUEZ, Claudia (eds.) Plan Nacional de Colecciones para los Jardines Botánicos de Colombia. Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia & Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 2002. p 7.

<sup>9</sup> PARRA, Carlos y DÍAZ, Santiago. Herbarios y Jardines Botánicos: Testimonios de nuestra Biodiversidad, Primera edición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2016. p.92-93.

<sup>10</sup> BAMBAGUE Carolina y ARBOLEDA Older. (2017). Zonificación y análisis ecológico de las unidades de paisaje mediante la aplicación de los sistemas de Información geográfico, en el campus universitario, vereda Los Robles, Municipio Timbío.

recursos hídricos de importancia natural como las quebradas Renacer, Corazones y Mano de Oso.

Según Chilito Gerardo <sup>11</sup> “La quebrada Renacer y el relicto de bosque que la rodea es el único sendero habilitado para acceder a las actividades ecoturísticas, el cual se encuentra actualmente en deterioro por falta de mantenimiento” y posiblemente a causa de las actividades agrícolas y de investigación que probablemente están causando disturbios y alteramientos en el funcionamiento del ecosistema, ocasionando perjuicios a la diversidad natural que se está conservando en el jardín.

Por ello se hace necesario evaluar el estado ecosistémico de las cobertura vegetales asociadas a la quebrada Renacer, para evaluar el impacto ambiental que están ocasionando dichas actividades, una de las formas de medir y conocer dichos impactos es mediante el uso de bioindicadores ecológicos y estudios de diversidad de flora y fauna, los cuales generan un diagnóstico rápido y confiable acerca del estado de los ecosistemas y de cómo se está protegiendo la diversidad en centros de conservación como los jardines botánicos.

Actualmente, se han propuesto diversos organismos como indicadores ecológicos, en este caso se propuso la utilización de insectos pertenecientes a la familia Formicidae (hormigas) ya que según Fuster Andrea<sup>12</sup> las hormigas hacen parte de grupos ideales para medir el estado de los ecosistemas por su facilidad de muestreo, notable diversidad taxonómica, abundancia y fidelidad ecológica, así como los diferentes servicios ecosistémicos que aportan además de las características para la bioremediación de hábitats perturbados, regeneración y conservación.

Lo cual contribuirá a evaluar el estado ecosistémico de la quebrada Renacer y a establecer una línea base ambiental que contenga una lista de la mirmecofauna

---

<sup>11</sup> CHILITO, Gerardo. Documento información ambiental Jardín Botánico de Popayán. Popayán 2016.p.28. sin publicar.

<sup>12</sup> FUSTER, Andrea. Hormigas (himenóptera: Formicidae), Indicadoras de Perturbación en Ecosistemas Forestales del Chaco Semiárido Argentino. Trabajo De Grado Biología. Argentina. Universidad Nacional de Santiago Del Estero. 2010 .69. p

asociada al jardín que apoye la información biológica y ecológica además de convertirse en un referente para estudios posteriores que tengan como misión objetivos de creación de pautas de restauración y conservación de ecosistemas.

### **3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es el estado ecosistémico de las coberturas vegetales asociadas a la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán, mediante el uso de Formicidae (hormigas) como bioindicadores ecológicos?

#### 4. HIPÓTESIS

**Ha=** Las hormigas son bioindicadoras del estado ecosistemico de las coberturas vegetales asociadas a la quebrada Renacer.

**Ho =**Las hormigas no son bioindicadoras del estado ecosistemico de las coberturas vegetales asociadas a la quebrada Renacer

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el estado ecosistémico de las coberturas vegetales asociadas a la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán, mediante el uso de hormigas Formicidae (hormigas) como bioindicadores ecológicos.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar la diversidad, riqueza y abundancia de las comunidades de hormigas presentes en las coberturas vegetales asociadas a la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán.
- Establecer las condiciones del estado ecosistémico de las coberturas vegetales de la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán.
- Determinar las interacciones ecológicas de las comunidades de hormigas según su hábitat natural.

## 6. JUSTIFICACIÓN

“Las hormigas son organismos que pertenecen a la clase Insecta”<sup>13</sup> según Alonso y Agosti<sup>14</sup> se destacan ecológicamente por la importancia que tienen en los ecosistemas naturales, así como por sus características biológicas entre las que se destacan su alta diversidad, gran abundancia en casi todo tipo de ambientes, variedad de funciones dentro de los ecosistemas, respuesta rápida a cambios ambientales, facilidad de muestreo y resolución taxonómica relativamente buena.

Cuesta David y García Federico <sup>15</sup> aseguran que las hormigas se encuentran presentes una gran variedad de funciones ecológicas en el ambiente en que se encuentran, como son la regulación de otros organismos potencialmente problemáticos y el mantenimiento de los ecosistemas naturales mediante servicios ecosistémicos que estas prestan como depredación, dispersión de semillas, polinización y asociaciones simbióticas con otro tipo de organismos como plantas y otros animales. Siendo sensibles a cambios en los ecosistemas.

Investigar a las hormigas a nivel local es de utilidad para conocer la diversidad a pequeña escala, y para evaluar los efectos de las intervenciones antrópicas que han ocurrido a través del tiempo dentro de los ecosistemas, por esta razón, la presente investigación sobre la familia Formicidae en las coberturas vegetales asociadas a la quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán (JBP) ofrece aportes significativos en cuanto a la información sobre su abundancia y diversidad dentro de las coberturas estudiadas y el estado de antropización, teniendo en cuenta especies clave para la biodiversidad, puesto que, el área que corresponde a la quebrada Renacer dentro del

---

<sup>13</sup> TORO, Harold y TORO, Carmen. Biología de Insectos. Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso Pontificia. 2003., p. 25-

<sup>14</sup> AGOSTI, D. MAJER, L y ALONSO, T. *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity* Smithsonian Institution Press, Washington. 2000.,p. 280.

<sup>15</sup> CUESTA, David y GARCIA, Federico. Boletín de la asociación ibérica de mirmecología: En *Iberomirmex*. Noviembre, 2009. Vol. 1 N. 1., p. 1-36. Disponible en <http://www.mirmiberica.org/files/Iberomyrmex%20n%C2%BA1.pdf>

Jardín Botánico de Popayán, es la que más impactos negativos tiene por las actividades frecuentes de ecoturismo, investigación y agricultura.

Por ello, esta investigación es una herramienta útil para complementar otras investigaciones realizadas en el jardín que en conjunto puedan orientar a procesos de manejo ambiental, restauración o rehabilitación de las áreas degradadas y de conservación. De esta forma, se busca que este trabajo se convierta en un referente o línea base a nivel local y regional para la toma de decisiones ambientales.

## 7. MARCO TEÓRICO

### Bioindicadores

Para Morales Nafer<sup>16</sup> los bioindicadores ambientales, ecológicos y de diversidad, son organismos que indican el estado de salud del ecosistema que habitan y su preservación, ya que poseen cierta sensibilidad a los cambios en las condiciones ambientales por sus límites de tolerancia y sus factores físicos y químicos en el medio donde viven, cuanto más estrechos son los límites de tolerancia a dichos cambios ambientales se considera que el bioindicador es más eficiente. Therburg Almut *et al*<sup>17</sup> señalan que son un instrumento para realizar monitoreos de la biodiversidad natural, mediante la recolección de datos, mediciones e investigaciones en el tiempo y el espacio.

Según Arcila y Lozano-Zambrano<sup>18</sup> dentro de las ciencias ambientales se han categorizado los bioindicadores en tres niveles.

**(a) Indicadores ambientales** que es una especie o grupos de especies que actúan de manera predictiva a la degradación y cambios ambientales, de manera que se puedan observar fácilmente y cuantificar estadísticamente.

**(b) Indicadores ecológicos** son especies o grupos de especies estenotípicas que son altamente sensibles a la fragmentación de su hábitat, la contaminación, perturbación y a condiciones ajenas a los ecosistemas que afectan la biodiversidad.

---

<sup>16</sup> MORALES Nafer. ¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Leticia, Colombia. 2011. p.4

<sup>17</sup> THERBURG, Almut; D'INCA, Verónica y LOPEZ, Mariela. Modelo de indicadores ambientales, observatorio ambiental. 2005. vol.1. No.3., p.1.

<sup>18</sup> ARCILLA, A. y LOZANO, Zambrano. Hormigas como herramienta para la bioindicación y el monitoreo. En FERNÁNDEZ, Fernando. Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 2003. p.159.

**(c) Indicadores de biodiversidad** que es una especie o gremio de especies donde su diversidad manifiesta la riqueza de especies, los endemismos no solo de la misma especie sino también de otros organismos.

### **Generalidades sobre Hormigas**

Según la asociación ibérica de mirmecología<sup>19</sup> taxonómicamente, las hormigas son insectos que pertenecen al orden de los himenópteros, clase Insecta y familia Formicidae. Se diferencian de los demás insectos, porque morfológicamente por presentar un par de mandíbulas, un tórax separado por uno o dos pedicelos articulados y un par de antenas articuladas además de presentar una glándula denominada de metapleurale. Mientras que Jaffet Klaus<sup>20</sup> describe que su tamaño puede variar entre 0.1 mm a 4 cm de longitud.

Kaspari M<sup>21</sup> explica que las hormigas son organismos eusociales ya que poseen una organización compleja dentro de la fauna, algunas de sus especies conforman colonias desde unos cuantos individuos hasta 300 millones en un solo nido, en el que cada hormiga cumple labores explícitas de cooperación que benefician a su colonia. Esta colonia se encuentra organizada por un sistema de castas, el cual es conformado por un grupo de individuos especializados en diferentes tareas dentro de la colonia, como las obreras menores, obreras mayores o soldados, los machos alados o sexuales y la reina.

Wilson y Holldobler<sup>22</sup> señalan que, estos organismos tienen múltiples sistemas de comunicación, que realizan mediante señales químicas llamadas feromonas que

---

<sup>19</sup> Asociación Ibérica de Mirmecología, Breve Introducción al Mundo de las Hormigas. [PDF EN LINEA]. [Citado el 18 de abril de 2017]. Disponible en internet: <<http://www.mirmiberica.org/files/educativo/IntroduccionHormigas.pdf>>

<sup>20</sup> JAFFÉ Klaus; LATTKE John y PEREZ, Eduardo. El mundo de las hormigas. Equinoccio Ediciones, Universidad Simón Bolívar, Caracas, 1993. p.6-7.

<sup>21</sup> KASPARI, M. Introducción a la ecología de las hormigas. En FERNÁNDEZ, Fernando. Introducción a las Hormigas de la región neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 2003. p.97.

alarman sobre los peligros que exponen a la colonia, reclutamiento, señalamiento de territorio y reconocimiento de las compañeras de nido, también señales no químicas como las visuales, sonoras o táctiles, es decir, que las comunidades de hormigas utilizan diferentes tipos de señales intra específicas.

### **Interacciones entre hormigas y plantas.**

Según Ramirez Monica *et al.*<sup>23</sup> Las interacciones entre hormigas y plantas son amplias en los ecosistemas tropicales, las hormigas actúan como dispersoras de semillas, polinizadores o proveedores de macronutrientes, debido a que algunas plantas les pueden proporcionar hábitat y alimento, estas interacciones mutualistas y de mirmecofilia son benéficas tanto para las plantas como para las hormigas, ya que las hormigas no afectan negativamente la planta por herbivoría sino que proporciona beneficios a la planta, como por ejemplo la protección contra insectos fitófagos o la eliminación de plantas que compiten por luz, nutrientes y espacio; las hormigas recolectan nectarios extraflorales o de insectos fitófagos de algunas plantas que suelen estar asociados a simbiosis no obligadas, debido a conforman una fuente de alimento utilizable para las hormigas que los encuentran y la protección de homópteros a las plantas.

### **Distribución de hormigas**

Jaffe Klaus<sup>24</sup> además señala que las hormigas son de distribución cosmopolita a excepción de los polos y glaciares. Según el portal de datos actualizado AntWiki<sup>25</sup> a nivel mundial existen unas 15.448 especies y subespecies de hormigas hasta la actualidad, la región neotropical comprende 14 subfamilias, 142 géneros y

---

<sup>23</sup>RAMIREZ, Mónica. CHACON, Patricia. ARMBRECHT, Inge y CALLE, Zoraida. Hormigas y homópteros en bosques secos de Colombia. Revista Caldasia N° 23 vol. 2.p.524.

<sup>24</sup>JAFFE, Klaus. Op Cit., p.6

<sup>25</sup> ANTWIKI, Antwiki Provides A Wealth Of Information On The World's Ants. [EN LINEA]. 11 septiembre 2017. [Citado en 22 agosto de 2018]. Disponible en internet: <[http://www.antwiki.org/wiki/Welcome\\_to\\_AntWiki](http://www.antwiki.org/wiki/Welcome_to_AntWiki)>

aproximadamente 4.122 especies; mientras que la base de datos del sistema nacional de biodiversidad (SIB)<sup>26</sup> se encuentran 12 subfamilias, 95 géneros y 855 especies, siendo uno de los grupos faunísticos mayor representados para el país.

En cuanto a las colecciones biológicas pertenecientes a la familia Formicidae, se tiene que a nivel local se posee la colección entomológica del museo de historia natural de la universidad del Cauca<sup>27</sup> que representa el 71 % de las subfamilias pertenecientes al neotrópico, el 77 % de los géneros y 32 % de las especies reportadas para Colombia, del departamento del cauca se tiene un registro de 27 géneros y 45 especies aproximadamente.

### **Ecología de las hormigas y su uso como bioindicadores**

Esta información es útil al momento de utilizar las hormigas como indicadoras debido a que son diversas y abundantes en la mayoría de los ecosistemas, poseen amplitud de nicho y responden fácilmente a los cambios ambientales, además es un grupo fácil de muestrear e identificar.

Según Andersen A<sup>28</sup> las hormigas poseen gran diversidad ecológica ya que son insectos útiles como indicadores ecológicos, ambientales y de biodiversidad, siendo utilizadas en forma extensa en varias partes del mundo con este fin, dentro de la macrofauna edáfica, para Rojas Patricia<sup>29</sup> las hormigas son un grupo abundante y diverso en diferentes ecosistemas naturales y agro ecosistemas.

---

<sup>26</sup> Sistema Información de Biodiversidad, SIB. Catálogo De Biodiversidad. [EN LINEA]. Explorador Portal. 2017. [Citado en 28 de abril de 2018]. Disponible en internet: <<http://datos.biodiversidad.co>>

<sup>27</sup> SANDOVAL, Vanesa y ZAMBRANO, Gissel. Catálogo de las hormigas presentes en el Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca. Taller Editorial de la Universidad del Cauca, Popayán. 2007. P.60

<sup>28</sup> ANDERSEN, A. Using Ants as bioindicadores: Multiscale Issues in Ant Community Ecology. Conservation Ecology. 1997. [EN LINEA] 1(1): 8. [Citado el 28 abril de 2017] disponible en Internet. URL:< <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8/> >

<sup>29</sup> ROJAS, Patricia. Las hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 2001. p.5.

## Índices estadísticos y diversidad

Para conocer dicha diversidad y el grado de bioindicación de las hormigas y resto de la biota en un ecosistema, existen algunos criterios que permiten cuantificar esos datos obtenidos en campo y que permiten agrupar los análisis de diversidad, riqueza, estructura y composición de las especies en zonas de recuperación, disturbios y conservación, esto se logra mediante el uso de índices de diversidad que permiten sintetizar los datos en un solo valor y unificar cantidades para realizar comparaciones.

Villareal H et al<sup>30</sup> explican que los índices o cuantificadores estadísticos resultan útiles para medir la diversidad alfa, la cual se refiere a la riqueza de especies a nivel local en una comunidad ecológica o biocenosis; que se pueden utilizar según la naturaleza de los datos; existen varios índices para medir la diversidad ligados a la información que se desea analizar ya que algunas variables respuesta tienen diferentes maneras de analizarse.

Entre esos índices de diversidad López Mery<sup>31</sup> describe **el índice de Margalef** que se caracteriza por que relaciona el número total de especies con el número total de individuos, valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como Indicativos de alta biodiversidad.

**Índice de Simpson** que permite conocer la diversidad o dominancia de las especies y la riqueza de organismos, este índice capta un número explícito de las especies que hay en un hábitat y su abundancia relativa, representando la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar, pertenezcan a la misma especie

---

<sup>30</sup> VILLAREAL, H, et al. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, 2004. p.189.

<sup>31</sup> LOPEZ, Mery. Diversidad De Algas Perifíticas en la Quebrada de Chapal. En: Revista Criterios. Abril, 2010. No. 25., p.112-113.

Mientras que Pineda Juan y Quiroz Enrique <sup>32</sup> describe que **el índice de Shannon** “expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra cuando hay una sola” según Moreno Claudia <sup>33</sup> los valores para este índice varían entre 0 a 5 considerándose que a mayor valor del índice hay una mayor diversidad, los rangos normales de diversidad están entre 2 y 3, valores inferiores a 2 son considerados de baja diversidad y los > 3 son considerados diversos.

Smith Tomas y Smith Robert<sup>34</sup> afirman que la curva de acumulación de especies indica la suma total de especies obtenidas durante el estudio, a medida que se van adicionando más unidades de muestreo al conjunto de especímenes observados la curva escalará rápidamente al comienzo, que es cuando las especies comunes o abundantes se suman a la muestra la cual disminuirá a medida que se incluyan las especies de baja frecuencia en las muestras adicionales, entonces la curva llega a la asíntota y no se añaden más especies y se alcanza el tamaño apropiado de toda la muestra; en esta curva se puede obtener Jack-knife de primer y segundo orden y Bootstrap que según Villareal H <sup>35</sup> son estimadores basados en la incidencia, es decir se apoyan la presencia y ausencia para cuantificar la rareza. Jack-knife (1 y 2) estima el número de especies esperadas, considerando las que solamente ocurren en una

---

<sup>32</sup> PINEDA, Juan. QUIROZ, Enrique. Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados y estimación de la calidad del agua de las lagunas de Chingaza, Del Medio y El Arnical en El Parque Nacional Natural Chingaza. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental. Universidad Santo Tomas, Facultad de Ingeniería Ambiental, 2015.p.27.

<sup>33</sup> MORENO, Claudia. Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza.p.43.

<sup>34</sup> SMITH, Tomas. y SMITH, Robert. Ecología. Ecología Biogeográfica. 6 ed. Madrid. Pearson Educación, 2007. p.592.

<sup>35</sup> VILLAREAL, H. Op Cit., p.189.

ó en dos veces en las muestras de estudio y Bootstrap, estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie.

Barrientos Roberto Y Leirana Jorge<sup>36</sup> proponen otro métodos estadísticos y gráfico para la evaluación de la diversidad y las especies bioindicadoras, es la curva o perfil de rango abundancia para conocer los patrones de distribución de la abundancia de las especies, que se obtienen al ordenar de mayor a menor las especies presentes en una muestra, se pueden representar en abundancia en términos relativos, donde se representan las más abundantes o dominantes que están en el pico de la curva, las especies comunes donde la curva se torna más suave y las especies raras que son las de menor abundancia.

---

<sup>36</sup> BARRIENTOS, Roberto y LEIRANA, Jorge. Métodos Gráficos para la Exploración de Patrones de Diversidad en Ecología. En: Bioagrocencias. Julio-diciembre, 2016. Vol. 9. No. 2., p. 11-12.

## 8. ANTECEDENTES

A nivel internacional Graham, *et al*<sup>37</sup> utilizaron las hormigas como bioindicadoras de cambios ambientales en paisajes perturbados por el entrenamiento militar en el sudeste de los Estados Unidos, el área de estudio se caracterizaba por que presentaba escasa cobertura vegetal y sus suelos se encontraban con alto grado de compactación, por entrenamientos militares y deforestación, metodológicamente se tuvo en cuenta 15 variables ecológicas y ambientales, relacionadas con la vegetación y el suelo.

Los resultados de esta investigación estimaron que la riqueza de especies de hormigas fue alta, sin embargo, tuvo una perturbación relativa del área que fue de 43 %. En cuanto a la equidad de especies, esta fue mayor en los sitios sin perturbación y la abundancia de hormigas más alta donde hubo perturbación con valores cerca del 85 %. La alta riqueza de especies en sitios con disturbios intermedios y menos disturbados se asoció con una mayor heterogeneidad espacial, dentro del sitio se capturaron varias especies crípticas, pero su abundancia fue menor. La riqueza de especies también se asoció con valores intermedios del índice de vegetación, un correlato de la productividad primaria neta y la fracción de días en que la temperatura del suelo superó los 258 °C sin embargo, se correlacionó positivamente con la riqueza de especies, aunque no con la abundancia de hormigas. La riqueza de especies no estaba relacionada con la textura del suelo, ni con la cobertura total del suelo y menos con la frecuencia de incendios, por ello, se concluye que la riqueza y equidad de las especies de hormigas son indicadores potenciales de estado de la comunidad de artrópodos del suelo y que la equidad de especies de hormigas se puede usar para monitorear cambios del ecosistema.

---

<sup>37</sup> GRAHAM, Jhon, et al. Species richness, equitability and abundance of ants in disturbed landscapes, *ecological indicators* Vol. 9., N., septiembre 2009.p.886-877 Disponible en < <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.10.003>>

Por otro lado, Hoffman,<sup>38</sup> explicó la utilización de hormigas para evaluar los cambios ecológicos ocasionados por la perturbación. Su aplicación como bioindicadores ecológicos ha sido particularmente extendida en Australia, razón por la cual se llevó a cabo una revisión bibliográfica de las respuestas de las hormigas al pastoreo en todo el mundo, para probar específicamente si los patrones clave identificados en la revisión de las respuestas de las hormigas a las perturbaciones en Australia son aplicadas a nivel global.

Los patrones probados fueron (1) el suelo y el tipo de vegetación son los principales determinantes de la composición de la comunidad de formícidos y a menudo tienen un efecto mayor en la composición de la comunidad de hormigas que en la perturbación (2) la perturbación promueve cambios en la composición de las especies, pero no necesariamente afecta la riqueza o abundancia de especies (3) la respuesta de una especie no es necesariamente consistente en todos los hábitats por la variación en la aptitud inherente del hábitat y (4) aproximadamente entre un cuarto y la mitad de las especies que son lo suficientemente común para el análisis estadístico tienen respuestas significativas a la perturbación.

Los cuales fueron válidos menos tres en el que se demostró que la comunidad cambió, sin embargo, la abundancia y riqueza total de las especies de hormigas fueron altamente inconsistentes, taxonómicamente se identificaron hasta el nivel de especie teniendo en cuenta el tipo de suelo y vegetación; estadísticamente el 33 % de las especies evaluadas presentaron diferencias significativas.

Mientras que, a nivel de Latinoamérica, Fuster,<sup>39</sup> realizó una investigación cuyo objetivo fue determinar el grado de perturbación de un bosque, perteneciente al

---

<sup>38</sup> HOFFMANN, Benjamín. Using ants for rangeland monitoring: Global patterns in the responses of ant communities to grazing, *Ecological Indicators* 2010.p.105–111. Disponible en <[https://doi: 10.1016/j.ecolind.2009.04.016](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.04.016) >

<sup>39</sup> FUSTER, Andrea. Hormigas (himenóptera: Formicidae), Indicadoras de Perturbación en Ecosistemas Forestales del Chaco Semiárido Argentino. Trabajo De Grado Biología. Argentina. Universidad Nacional De Santiago del Estero. 2010 p.1

Chaco Semiárido Argentino, mediante el estudio de la diversidad de indicadores biológicos pertenecientes a la familia Formicidae; la metodología de muestreo fue por colecta manual, trampas malaise, sacos winkler y atracción por cebos.

Como resultados, logró identificar 6 subfamilias de Formicidae, 18 géneros, 38 especies y un total de 7711 individuos, reconociendo 22 especies y un grupo funcional con características para la bioindicación de distintos niveles de perturbación en ecosistemas forestales de esta región, además se describió las interacciones de los grupos funcionales presentes en tres diferentes estructuras vegetales (Monte nativo sin intervención, monte nativo intervenido y pastizal) este fue un hallazgo relevante ya que, los datos obtenidos en esta investigación sirven para comparar como se encuentran los estados ecosistémicos en otras regiones que están geográficamente apartadas y que tienen diferentes características ecológicas.

Domínguez,<sup>40</sup> comparó la composición de hormigas en hábitats de bosque y potrero donde logró coleccionar un total de 7948 individuos los cuales pertenecieron a 33 géneros y 91 morfo especies. La cobertura vegetal bosque obtuvo mayor riqueza y abundancia de especies al igual que presencia de especies crípticas como *Pyramica*, y *Tennothorax*, además grandes depredadoras como *Ectatomma ruidum* y *Odontomachus bauri*. En cuanto a la similaridad por coberturas vegetales se agrupan varios boques, no obstante, comparten especies generalistas y oportunistas con los potreros como *Pheidole* y *Solenopsis*, propias de ambientes intervenidos. A pesar que en los potreros disminuyó relativamente la riqueza y abundancia de formícidos, el potrero conservó gran porcentaje de especies del bosque, debido a que los potreros estaban cubiertos con vegetación dispersa y circundante como cercos vivos en los que fue posible promoverse la diversidad de especie.

---

<sup>40</sup> DOMINGUEZ, Carmen. Diversidad de hormigas en remanentes de vegetación afectados por el ganado y propuesta de algunas medidas de rehabilitación Cuenca del Río Cesar, Colombia. Trabajo para optar al título de master, Universidad de Alcalá, 2011. 45 p.

Mientras que Vanegas,<sup>41</sup> en su investigación tuvo como objetivo determinar si la complejidad del hábitat tenía relación con los cambios en composición y diversidad de hormigas en ecosistemas naturales en una hidroeléctrica del sur oeste de Antioquia, metodológicamente se eligieron 17 parcelas semipermanentes en bosques primarios y secundarios, para el muestreo se utilizó las trampas de caída pitfall, sacos miniwinkler y colecta manual, en la parte estadística, el análisis de datos se realizó mediante los estimadores de diversidad biológica, curvas de acumulación de especies y análisis multivariado, como resultado en cuanto a la composición de especies se obtuvieron un total de 12894 especímenes y la subfamilia de mayor riqueza fue la Myrmicinae, el bosque primario fue más diverso que el bosque secundario pero no hubo diferencias significativas en ellos, además se determinó que no habían indicios de perturbación altos a pesar de las intervenciones antrópicas, que indicó que esta zona se encontraba en procesos de recuperación y que las especies de hormigas encontradas prestaban servicios ecosistémicos importantes al suelo y a la vegetación.

En el departamento del Cauca, Mera Yamid y Gallego Cristina<sup>42</sup> identificaron las especies de hormigas asociadas ecológicamente con otros insectos y la descripción de las interrelaciones hormigas y el cultivo de café, así como la identificación de los servicios o daños ecosistémicos que prestan al agro ecosistema, en dos fincas cafeteras de la zona rural del municipio de Caldono Cauca, donde se identificaron los cultivos de café con y sin sombra y se seleccionaron 45 arbustos de café a los cuales se les realizó observaciones y se les aplicó la debida metodología de colecta.

---

<sup>41</sup> VANEGAS, Andrés. Efecto de la Complejidad del Hábitat en la Composición de la Comunidad de Hormigas en Bosques Premontanos en el área de Influencia de la Central Hidroeléctrica Porce II. Tesis De Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Magíster en Ciencias. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 2010. p 84.

<sup>42</sup> MERA, Yamid y GALLEGO, Cristina. Interacciones entre Hormigas e Insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca - Colombia. En: Revista Colombiana De Entomología. 2010. Vol. 1. No. 36., p.116-126.

Como resultado se tiene la identificación de 119 interacciones, 31 especies de hormigas distribuidas en 7 subfamilias y 38 morfo especies de otros insectos distribuidos en siete órdenes, las interacciones se agruparon en tres tipos: mutualismo, comensalismo y depredación. Las asociaciones predominantes fueron las mutualistas facultativas (32 %) seguidas por las comensalistas (30 %). La especie con mayor porcentaje de asociaciones fue *Linepithema neotropicum*, se encontró una mayor riqueza de especies de insectos y de asociaciones en cafetales con sombra que en aquellos sin sombra. La complejidad estructural que presenta este tipo de agro ecosistema provee más oportunidades para la fauna asociada. Esta investigación brinda una visión más cercana sobre las hormigas presentes a nivel local y una aproximación a las interacciones ecológicas que estos organismos cumplen en los diferentes ecosistemas.

## 9. ESTADO DEL ARTE

Chacón Patricia y Abadía Juan C <sup>43</sup> desarrollaron una investigación titulada “Dos décadas de estudio de la diversidad de hormigas en Colombia”, la cual es una recopilación de cerca de 60 investigaciones dedicados a la mirmecofauna colombiana en diferentes zonas del país como las áreas protegidas, paisajes, zonas agrícolas y regiones naturales, bosques secundarios, corredores biológicos, según estos resultados, la región andina es donde se concentró la mayor parte de investigación con casi el 70 % de los estudios, seguida de la región caribe, sin embargo, regiones naturales como la pacífica, Orinoquía y amazónica, tuvieron menor representación, se logró extraer datos acerca de las especies raras, endémicas, introducidas, las especies con altos rangos de distribución, los patrones de comportamiento, las hormigas indicadoras de hábitat, uso del suelo, al igual que la diversidad, perturbación del ecosistema y las especies con potencial para el control biológico de otros organismos, estos datos sirven como base para el manejo de ecosistemas y su conservación.

Sánchez *et al.*<sup>44</sup>En el programa Más Bosques para Medellín, investigaron las hormigas indicadoras y zonas de restauración, este estudio se realizó en tres zonas de la parte rural de Medellín, metodológicamente establecieron 3 transectos y 10 estaciones de colecta con trampas de caída pitfall y cebos atrayentes. Para el análisis de datos se calcularon índices de diversidad, equidad y dominancia, en los resultados se obtuvieron 657 registros pertenecientes a 5 subfamilias 22 géneros y 36 especies, el bosque fue la cobertura vegetal que obtuvo más riqueza de especies debido a que presento baja dominancia y alta equidad, mientras que el resto de coberturas

---

<sup>43</sup> ULLOA, Patricia y ABADIA, Juan. Dos Décadas de Estudio de la Diversidad de Hormigas en Colombia. En: Ciencias Naturales. Julio- septiembre, 2014. Vol. 38. No. 148., p.250-60.

<sup>44</sup> SANCHEZ, Juan David, et al. Hormigas indicadoras de la restauración de bosques montanos cercanos al Valle de Aburrá, Colombia. en: GUTIERREZ, Carlos y OSORIO, Fernando (eds). Más Bosques para Medellín. Sembrando árboles para la vida. Alcaldía de Medellín, Fundación CIPAV y ECOPETROL. Medellín, Colombia.2014. p.16-116.

presentaron mayor heterogeneidad, el muestreo en estas coberturas fue significativo según las curvas de acumulación de especies con un 62 % de las especies de formícidos esperadas, mientras que en el bosque se concluyó que era necesario aumentar y mejorar el esfuerzo de muestreo, las especies dominantes fueron las pertenecientes al género *Linepithema* y *Pheidole*. Se resalta la importancia de monitorear la zona a mediano y a largo plazo, lo que permita conocer la composición de las especies además de demostrar el funcionamiento del ecosistema para ser aplicados en los procesos de restauración.

Sinesterna *et al.*<sup>45</sup> En su investigación tuvo por objetivo reconocer la diversidad de hormigas de dos especies de *inga* y examinar su relación con las comunidades de hormigas presentes en la hojarasca, al igual que reconocer la importancia de las interacciones entre las hormigas y estos árboles, este trabajo se realizó en dos fincas cafeteras de la vereda Villanueva del municipio de Popayán. Las colectas se realizaron con cebos, extracción de hojarasca con sacos mini-Winkler y captura manual, fueron seleccionados 5 árboles al azar en cada uno de los cultivos con 5 horas de muestreo diarias durante 10 días. Estadísticamente se realizó una matriz de abundancia y curvas de acumulación de especies utilizando los estimadores CHAO1 y ACE. Se obtuvieron 2613 especímenes distribuidas en 143 especies, 17 géneros y siete subfamilias, las hormigas que habitan en los árboles difieren de las que habitan en la hojarasca, aunque por sus hábitos de forrajeo algunas especies se trasladan de un estrato a otro. Aunque comparten varias especies entre estratos como *Linepithema notropicum*, *Crematogaster sp* y *Procryptocerus hyaleus*. Se concluye que los árboles de sombrero como *inga* son importantes tanto para el mantenimiento de las interacciones mutualistas hormiga-planta y para la

---

<sup>45</sup> SINISTERRA, Rosa, GALLEGU, María y ARMBRECHT, Inge. Hormigas asociadas a nectarios extra florales de árboles de dos especies de *Inga* en cafetales de Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*. (2016) 65 (1) p 9-15 doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n1.47167>

conservación de la diversidad; además su presencia contribuye indirectamente a la prestación de servicios ecosistémicos fitosanitarios.

Arenas Anderson *et al.*<sup>46</sup> Examinaron la fauna de hormigas y escarabajos Carabidae asociada al suelo de pastizales, matorrales, cañadas y bosque primario en el piedemonte del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, Colombia se realizaron muestreos utilizando el método de cernido de hojarasca y saco Winkler. Se evaluó la abundancia, riqueza y se realizó un análisis de especies indicadoras para el grupo de las hormigas. Se encontró un total de 4524 hormigas (Hymenoptera: Formicidae) pertenecientes a 89 morfo especies y 30 carábidos (Coleoptera: Carabidae) de cuatro especies. El bosque fue el ambiente más rico y diverso para hormigas (55 especies) seguido por la cañada (44 spp.), matorral (43 spp.) y pastizal (19 spp.) La especie de hormiga más abundante fue *Wasmannia auropunctata*, mientras que en Carabidae fue *Notiobia* sp. Se hallaron 11 especies de hormigas que podrían funcionar como indicadoras ambientales. Poco se puede decir de la fauna de carábidos, puesto que el número de individuos fue relativamente bajo, sin embargo, las especies encontradas ofrecen una primera aproximación al inventario de este grupo, para esta localidad en particular. Estos hallazgos apoyan la hipótesis que actividad antropogénica manifestada en la potrerización de la zona, es degenerativa para la diversidad de la mirmecofauna silvestre en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Farallones de Cali.

---

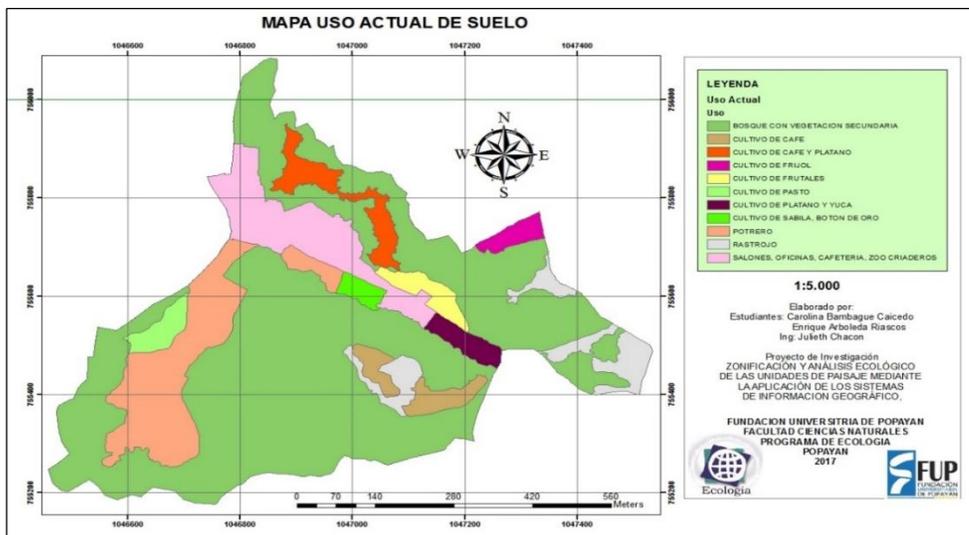
<sup>46</sup> ARENAS, Andersson; CORREDOR, German y AMBRECHT, Inge. Hormigas y Carábidos en Cuatro Ambientes del Piedemonte del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología. Enero-junio, 2015. Vol. 41. No. 1., p.120-125.

## 10. MARCO METODOLÓGICO

### 10.1 ÁREA DE ESTUDIO

El Jardín Botánico de Popayán está ubicado en la vereda Los Robles, Km 8 vía al sur del departamento del Cauca, en el flanco occidental de la Cordillera Central con coordenadas geográficas de 2° 23' latitud norte y 76°40' Longitud oeste a una altura de 1850 m.s.n.m.<sup>47</sup> “El área corresponde a la zona de vida de selva sub andina”<sup>48</sup> en el que se tiene un área dedicada a la conservación de especies de flora y fauna propias de dicho bosque.

**Imagen 1.** Mapa: uso del suelo – campus universitario Los Robles - Fundación Universitaria de Popayán.



Fuente: Bambague y Arboleda (2016)

<sup>47</sup> MESA, Sandra. Lineamientos para el plan de manejo de las colecciones biológicas *ex situ* del Jardín Botánico de Popayán, en el campus Los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán, municipio de Timbío – cauca. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología. 2017.p. 14.

<sup>48</sup> RUDAS, Marcelo, et al. Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2007. p.59.

Según Bambague y Arboleda Enrique.<sup>49</sup> El campus universitario Los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán, tiene un área total de 44.4 hectáreas (ha) donde actualmente se encuentran delimitadas por unidades de uso y aptitud del suelo (Imagen 1) la unidad de infraestructura cuenta con un total de 3.6 Ha, en las cuales confluyen las actividades académicas de los estudiantes de los diferentes programas que ofrece la universidad y donde labora el personal administrativo y docente.

La unidad de agricultura tiene un total de 4.5 ha en los que se manejan cultivos como yuca, plátano caña, sábila y botón de oro, área que constituye un renglón importante para la generación de ingresos y centro de investigación del programa de Administración de empresas agropecuaria (Ademagro) además de las 5.0 ha, de potreros dedicadas a la ganadería semi intensiva, 2.0 ha donde hasta el momento no tienen ningún uso de conservación, ni productividad agropecuaria que corresponde a la zona de rastrojo, y el área de conservación que pertenece al JBP con una extensión de 31.6 ha, el cual es un referente local y regional de conservación e investigación de diversidad natural.

### **10.1.1 Componente abiótico y biótico**

**10.1.1.1 Hidrología.** El Jardín Botánico de Popayán tiene cuatro quebradas Renacer, Mano de Oso, Corazones y Wettu, siendo esta última una afloración hídrica en épocas de baja pluviosidad, al igual que la caída de agua de aproximadamente 5 metros de altura que se puede presenciar en la misma época, en estas quebradas los drenajes están controlados por los rio Robles, Timbío, Las piedras, y las vertientes de San Jorge, El Muerto, El Hato Nuevo y Cenaqueras.<sup>50</sup>

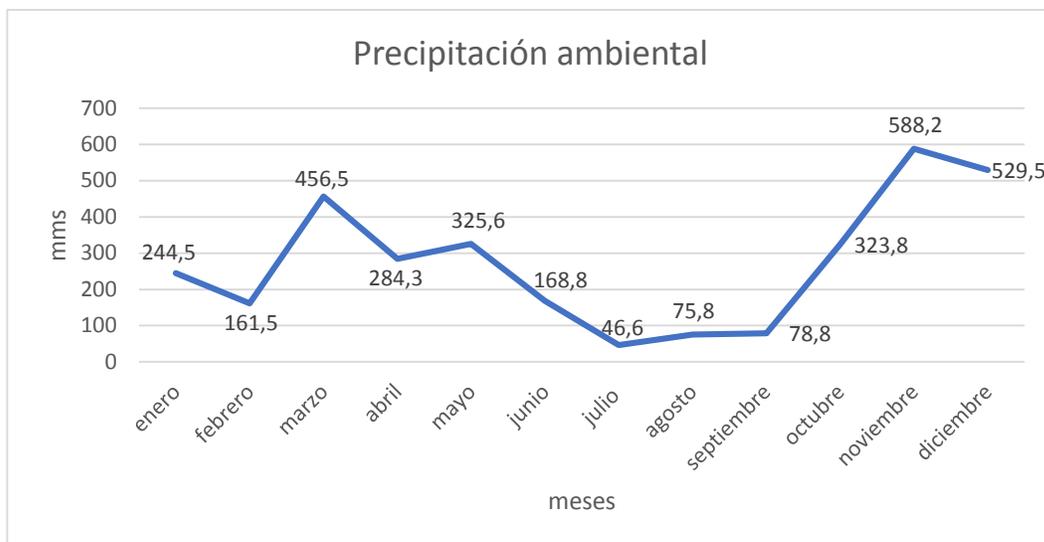
---

<sup>49</sup> BAMBAGÜE y ARBOLEDA Op Cit., p.17.

<sup>50</sup> MESA. Op Cit.,p.16

### 10.1.1.2 Climatología

**Grafica 1.** Precipitación ambiental



Fuente: IDEAM 2017 - Estación Guillermo León Valencia.

El mes de mayor pluviosidad para el año 2017 fue en noviembre con 588,2 mms y el mes más seco fue julio con 46,6 mms

**10.1.1.3 Flora.** Se encuentra los estratos epifito, trepador, rasante, herbáceo, arbustivo y arbóreo, las familias botánicas de mayor representatividad son para el estrato rasante, las familias Poaceae, Sellagineae, Ninfceae, Ciperaceae en el estrato herbáceo, las familias Araceae, zingiberaceae, Heliconeae, Polypodaceae, en el estrato arbustivo, las familias Rubiaceae, Piperaceae, Araliaceae, Melastomataceae, para el Estrato arbóreo Lauraceae, Moraceae, Clusiaceae, Melastomataceae, Cecropiaceae, Poaceae y por último el estrato epifito con Orquidaceae, bromeliaceae y ejemplares de líquenes y briofitos.

**10.1.1.4 Fauna.** Para el Jardín Botánico de Popayán, hasta el momento se han realizado estudios de diferentes grupos como los mamíferos con ejemplares de Ardillas (*Sciurus vulgaris*), Zarigüeyas (*Didelphis marsupialis*) y Ratones de campo (*Apodemus sylvaticus*).<sup>51</sup> Por su parte, Idrobo y Peralta<sup>52</sup> encontraron 8 especies pertenecientes a las subfamilias Carrollinae Stenodermatinae y Phyllostominae. También se registraron alrededor de 14 géneros de arañas tejedoras como *Araneidae Crysometa*, *Acasecia sp Mangora sp*, *Alpaida sp*, *Pronous sp*, *Angiope argentata*, *Liniphiidae*, *Steatoda* y *Theridiosimatodae*.<sup>53</sup>

## 10.2 ZONA DE MUESTREO

Para este estudio se escogió el área que corresponde a las coberturas vegetales pertenecientes a la Quebrada Renacer con coordenadas geográficas N 02°23'15.4" W 076°39'14.4" y 1838msnm (cobertura de rastrojo, cobertura bosque y cobertura cultivo de café con sombra) del Jardín Botánico de Popayán.

**10.2.1 Quebrada Renacer.** “La quebrada Renacer hace parte del límite Noroccidente del campus, atravesando el Jardín Botánico de Popayán con una longitud de 778 metros”<sup>54</sup> como el resto de las quebradas del campus universitario, es un ecosistema de gran relevancia ecológica y ambiental, puesto que su drenaje hace parte del río Los Robles cuya dinámica ecológica incluye las condiciones geomorfológicas, pendientes, clima y precipitación, tipos de suelo, vegetación y

---

<sup>51</sup> CASTRO, Julián. Recuento sistemático y algunos aportes ecológicos de los murciélagos existentes en el Jardín Botánico de Popayán. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán. Popayán, Colombia. 2000. p.96.

<sup>52</sup> IDROBO, Julieth y PERALTA, Liceth. (2015). Dispersión de semillas por murciélagos filostómidos (*Phyllostomidae – Chiroptera*) pertenecientes a las Subfamilias Carollinae, Stenodermatinae y Phyllostominae en la hacienda Los Robles, Fundación Universitaria de Popayán, vereda Sachacoco, municipio de Timbío, Cauca, Colombia. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia.

<sup>53</sup> MEDINA, María. (1997). Estructura de la comunidad de Arañas Tejedoras asociadas a tres tipos de hábitat en la sede campestre de la Fundación Universitaria de Popayán. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia.

<sup>54</sup> BAMBAGUE y ARBOLEDA Op Cit., p.17.

fauna silvestres, sus hábitats y ecosistemas a nivel local y regional, que a gran escala hacen parte de la diversidad biológica del país.

Según Betancourt Wilson<sup>55</sup> asociado a esta quebrada se encuentra un sendero ecológico habilitado para actividades ecoturísticas en el que se pueden observar zonas de conservación como el *arboretum* en los que se han consignado ejemplares botánicos de importancia económica, ornamental, histórica y ecológica. Según Mesa Sandra <sup>56</sup> arroja un total de “471 individuos representados en 32 familias, 49 géneros y 57 especies. Además, se identificaron 455 plantas, de las cuales 35 son nativas, 25 cultivadas, 4 introducidas y 1 endémica”.

Otras zonas de importancia ambiental aparte del bosque natural en la Quebrada Renacer son el bambusetum que presenta dos especies como (*Guadua angustifolia*) guadua y (*Bambusa vulgaris*) bambú de importancia económica, ornamental y ecológica, protectora de este sistema hídrico, también se encuentra un heliconiario con individuos representativos de la región y especies introducidas obtenidas por intercambio con otros jardines botánicos y zonas ecológicas que se afectaron indirectamente por actividades de extracción maderera de la especie *Eucaliptus grandis* con fines comerciales, que se realizaron en el 2017 mientras se llevaban actividades de campo del presente trabajo.

Esta quebrada está dominada por vegetación riparia, bosque secundario en estado de recuperación, el cual se encuentra fragmentado e interrumpido con cultivos agrícolas, pastos y rastrojos, que se pueden observar mediante los recorridos por esta zona y se pueden constatar en el estudio de zonificación del campus universitario.

---

<sup>55</sup> BETANCOURT, Wilson. 1991. Diseño, construcción, manejo y utilidad de un jardín *arboretum* para especies de piso térmico templado. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia.

<sup>56</sup> MESA. Op Cit., p.15.

**Imagen 1.** Cobertura vegetal cultivo agrícola - Jardín Botánico de Popayán.



Imagen tomada por: Helen Andrea Calambas Muelas (2017)

Referenciado como lote 2b 4682 1873 - con coordenadas geográficas N 02°23'22.9" W 076°39'23.4" y 1828 msnm es un sistema agroforestal puesto que en esta zona, se encuentra un cultivo de café combinado con plátano y árboles frutales como aguacate (*Persea americana*) zapote (*Pouteria sapota*) limón (*Citrus aurantifolia*) guamo (*Inga edulis*).

Utilizados para sombrío, además de vegetación ruderal y arvense, sin ningún tipo de manejo, anteriormente el cultivo se encontraba bordeado por una barrera rompe vientos de la especie *Eucaliptus grandis* que como se mencionó anteriormente, se le realizó aprovechamiento forestal con fines comerciales, cuando el presente estudio se encontraba a mitad de fase de campo, simultáneamente tiene una plantación de guadua la cual es un importante corredor biológico entre el bosque y el cultivo.

## Imagen 2. Bosque Quebrada Renacer – Jardín Botánico de Popayán



Imagen tomada por: Helen Andrea Calambas Muelas (2017)

“Corresponde a un dominio de importancia capital para el jardín botánico, puesto que permite la conservación *in situ*, es un pequeño parche de bosque en estado de regeneración secundaria que pertenece a la zona de vida de selva subandino”.<sup>57</sup> Algunas de las especies vegetales más representativas son *Quercus Humboldtii*, *Palicourea*, *Cecropia* y parches de *Guadua angustifolia*, vegetación epífita pertenecientes a la familia de las Bromeliaceae y Orquidaceae, además de líquenes y briofitos, presenta algunos claros de bosque de origen natural y otros por acciones antrópicas, se puede observar la presencia de árboles caídos y en descomposición.

En esta área hay una zona que en épocas de alta pluviosidad se inunda, actualmente se puede encontrar infraestructura (refugios) construida por los estudiantes de arquitectura con actividades conjuntas de los docentes del programa de ecología y Ademagro, proyecto que hizo parte de la primera fase del plan de revitalización del Jardín Botánico de Popayán, los cuales permiten un acercamiento a la diversidad natural del jardín y la interacción hombre - naturaleza.

---

<sup>57</sup> MESA .Op Cit.,p.17

**Imagen 3.** Cobertura vegetal rastrojo – Jardín Botánico de Popayán



Imagen tomada por: Helen Andrea Calambas Muelas (2017)

Según el estudio de zonificación del campus universitario Los Robles, a unidad de rastrojo no tiene ningún uso potencial sus coordenadas son N 02°23'23.3" W 076° 39'23.5" y 1820msn se cataloga como uso inadecuado, puesto que no se ha destinado como una zona para uso agrícola o de conservación,<sup>58</sup> en este espacio penetra más fácilmente la luz del sol, esta cobertura se encuentra en la primera etapa de sucesión ecológica, por lo que es común observar vegetación pionera como poaceas, helechos, melastomatáceas, moráceas y plántulas del genero *cecropia*, esta zona dentro de la Quebrada Renacer es muy frágil, se encuentra altamente erosionada y se puede observar que son ocasionadas por actividades antrópicas y pisoteo de bovinos y equinos. También es de importancia ecológica puesto que es una zona de transición entre el bosque, los cultivos y la servidumbre que es muy transitada.

---

<sup>58</sup> BAMBAGUE Carolina y ARBOLEDA Older. Op Cit.p. 28.

### 10.3 FASE DE CAMPO

**10.3.1 Selección de coberturas de estudio.** Con base en la revisión bibliográfica realizada se definieron los criterios para la selección de los sitios de muestreo de acuerdo al tipo de cobertura vegetal, Se tuvo presente criterios como: tipo de suelo, cobertura vegetal, estratos arbóreos, uso del suelo, hojarasca, troncos caídos, tipo de ecosistema, condiciones climáticas como estaciones de humedad o sequía, grado de intervención, caminos y cercanía a ríos o quebradas.

**10.3.2 Recolección de material.** El muestreo de la familia Formicidae se efectuó durante 5 meses, en las tres coberturas vegetales anteriormente descritas, en cada una de ellas se trazó un transecto de 100 metros de longitud, con 10 estaciones de muestreo cada una. En las que se utilizaron tres métodos de captura, trampas de caída pitfall, winkler y colecta manual.

**10.3.2.1 Trampas de caída pitfall.** Se instalaron trampas de caída pitfall, lo cual consistió en enterrar a ras del suelo, dos vasos plásticos de 8 onzas, el primero para romper la tensión superficial y acomodar la hojarasca a su alrededor y el segundo que se introdujo dentro de este con etanol al 96 %, para evitar la degradación de la muestra que se retiró a las 48 horas, las muestras se guardaron en bolsas de sello hermético, etiquetadas con la información de localidad, fecha, método de captura y colector y fueron llevadas para la limpieza y el análisis de laboratorio.

**Imagen 4.** Trampa de caída pitfall



Imagen tomada por Helen Andrea Calambas Muelas (2017)

**10.3.2.2 Sacos winkler.** Se colecto hojarasca en un saco winkler, que es una técnica conocida como "*Winkler litter sifting method*", descrita en Ward (1987) Longino & NadKarni (1990) y Olson (1991). Este método consistió en tomar un volumen de hojarasca que se cernió y se colocó en un sustrato de sacos de malla de red que quedaron colgados dentro de un saco cerrado con un vaso colector plástico, una vez que se llenó la bolsa con la cantidad necesaria para llenar las bolsitas de la trampa, se pasaron pequeños montones por el cernidor agitando fuertemente para que cayera al frasco inferior la mayor cantidad posible de animales y hojarascas de pequeño tamaño. El material cernido se pasó a las bolsitas, una vez las bolsitas se llenaron se cerró herméticamente la Winkler y se dejó en un lugar seguro. El frasco inferior de la Winkler se dejó hasta una tercera parte con etanol al 96 %, pasadas 48 horas se traspasaron los insectos a un frasco más pequeño con etanol.

**Imagen 5.** Trampas Winkler



Imagen tomada por Helen Andrea Calambas Muelas (2017)

**10.3.2.3 Colecta manual.** En cada una de las estaciones se realizó colecta manual por un espacio de 20 minutos, revisando cuidadosamente en las ramitas de las plantas, troncos caídos, agujeros en el suelo y en los árboles, que fueron depositados en tarritos de vidrio con alcohol al 96 % debidamente etiquetado, el tiempo de búsqueda fue cronometrado por un espacio de 5 minutos por estación.

**Imagen 6.** Colecta manual



Imagen tomada por Helen Andrea Calambas Muelas (2017)

## **10.4 FASE DE LABORATORIO**

### **10.4.1 Identificación y conservación del material recolectado**

El procesamiento de las muestras obtenidas comenzó con la limpieza del material con ayuda del estereoscopio, para separar de la hojarasca, tierra y otros restos de artrópodos, además de clasificarlas morfológicamente e iniciar la clasificación.

Las familias y géneros de Formicidae, se identificaron con la guía de identificación de géneros de hormigas de Brasil de Baccaro y Fabricio<sup>59</sup>, que es la última actualización

---

<sup>59</sup> BACARO, Fabricio. y FEITOSA, Rodrigo et al .Guía Para Os Generos De Formigas Do Brasil. 1 ed. Manaus. Inpa, 2015. 388 p. 2015

en cuanto a guías taxonómicas de hormigas de la zona neotropical, además de la consulta de la página web antwiki y ant web que ofrecen actualizaciones recientes ilustradas en cuanto a hormigas, además de la confirmación de los géneros y especies con la colaboración de especialistas entomológicos.

Luego de identificar las muestras fueron conservadas en pequeños frascos con alcohol al 96 % debidamente etiquetados y almacenados, además se seleccionaron ejemplares para el montaje de los individuos en seco.

La información de cada individuo fue consignada en tablas: localidad, coordenadas, altitud, fecha, colector, hábitat (descripción de lugar donde fue capturado, ejemplar fisionomía de la vegetación, estado de conservación, tipo de bosque, zona de vida, ubicación del muestreo dentro de hábitat interior de bosque, borde de bosque, camino, cercas vivas, ecotono, número de captura, número de trampa, determinación taxonómica, técnica de captura y número de transecto.(Ver anexo-Formato consignación de datos instituto de investigación Alexander von Humboldt)

## **10.5 ANÁLISIS DE DATOS.**

Se realizó una prueba de normalidad para saber si se podía emplear pruebas paramétricas, test shapiro wilk y test de kolmogorov en el paquete estadístico ssps 22, pero los datos no tienen una distribución normal, entonces solo se le aplicaron pruebas no paramétricas

**10.5.1 Índices diversidad alfa y beta.**<sup>60</sup> Se realizaron mediante el software past del que se obtuvieron índices como: la diversidad alfa que se estimó por medio de los índices de Margalef y de Simpson, tanto para el sitio como para los estratos vegetales.

---

<sup>60</sup> MORENO. Op Cit., p.88.

### 10.5.2 Índices de Margalef.

Dónde:  $DMg = (S-1) / \ln N$

S = número de especies registradas N = número total de individuos detectados el índice de Margalef.

### 10.5.3 Índice de Simpson

$$\lambda = \frac{\sum n^2}{N^2} = \sum p_i^2$$

Donde  $p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

### 10.5.4 Índice de similitud Jaccard (coeficiente de similitud).

$I = c / a+b-c$  Donde:

$a$  = número de especies en el sitio A

$b$  = número de especies en el sitio B

$c$  = número de especies presentes en ambos sitios A y B

Presentes en ambos sitios es decir que estén compartidas.

**10.5.5 Curva de acumulación de especies.** Para conocer la efectividad del muestreo, se comprobó con una curva de acumulación de especies, con el programa *Estimates* Versión 9.0, que sirvió para estimar la acumulación de especies esperadas a partir de los muestreos, ya que, expone como las especies se van acumulando en función del número total de muestras, para este procedimiento se necesitó obtener una matriz de datos, que correspondió a la información organizada en una tabla de especies versus muestras, de los que se estimó jackknife de primer y segundo orden al igual que bootstrap.

**10.5.6 Perfil de rango abundancia.** Para determinar los patrones de distribución de la abundancia de las especies en las comunidades ecológicas, se obtienen al ordenar jerárquicamente a las especies presentes en cada unidad de muestreo. Para ello, se coloca primero la de mayor abundancia y con base en esta ordenación se obtiene un perfil de abundancias por rango.

**10.5.7 Tabla de especies indicadoras de Formicidae.** Las especies colectadas e identificadas taxonómicamente se agruparon en una tabla de especies bioindicadoras, teniendo en cuenta la organización y los datos obtenidos del perfil de rango abundancia que arrojó la importancia ecológica de cada cobertura vegetal y tomando como referencia una adaptación de las hormigas, de acuerdo a los bioindicadores de perturbación de los paisajes colombianos.

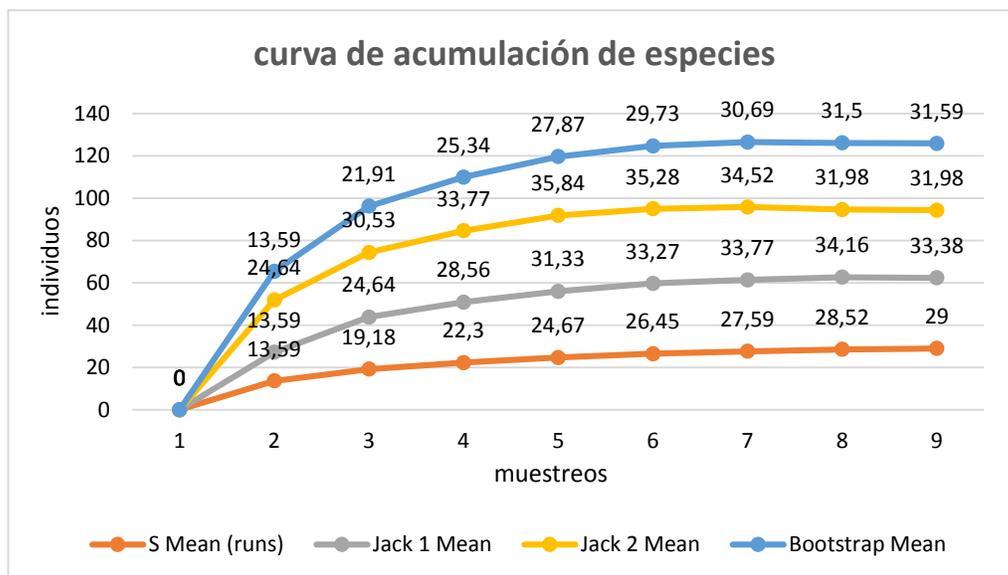
**10.5.8 Revisión bibliográfica interacciones ecológicas Formicidae.** Mediante la revisión bibliográfica de la ecología de las especies colectadas manualmente y la descripción de las actividades que se encontraron realizando las hormigas al momento de ser colectadas, se agruparon en una base de datos en el programa Excel para posteriormente realizar el análisis estadístico y descriptivo mediante una tabla cruzada.

## 11. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIONES

Se realizaron muestreos para las tres coberturas planteadas en los objetivos, cobertura rastrojo, cobertura bosque y cobertura cultivo, asociadas a la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán, se obtuvo la curva de acumulación de especies en general y por cada cobertura vegetal para comprobar la eficiencia de muestreo, además, se obtuvieron datos acerca de la diversidad, estructura y composición de especies pertenecientes a la familia Formicidae, los cuales se estimaron mediante estadística no paramétrica debido a que los datos de la muestra extraída no tuvieron una distribución normal, se estimaron los índices de Shannon, Margalef, dominancia de Simpson, similaridad con el índice de Jaccard, como también la estimación del valor de importancia ecológica de las especies con los perfiles de rango abundancia por coberturas vegetales, los cuales fueron clave junto al criterio de presencia - ausencia para pronosticar las especies que representan condiciones ecológicas para la bioindicación del estado de las coberturas vegetales evaluadas, también se identificaron cuáles son las interacciones ecológicas de las especies y morfo especies pertenecientes a esta familia y de manera bibliográfica se realizaron las fichas de las especies con importancia ecológica; resultados que se relacionan a continuación mediante gráficas, bases de datos y fichas de las especies.

## 11.1 Eficiencia De Muestreo

**Gráfica 2.** Curva de acumulación de especies coberturas vegetales Quebrada Renacer.

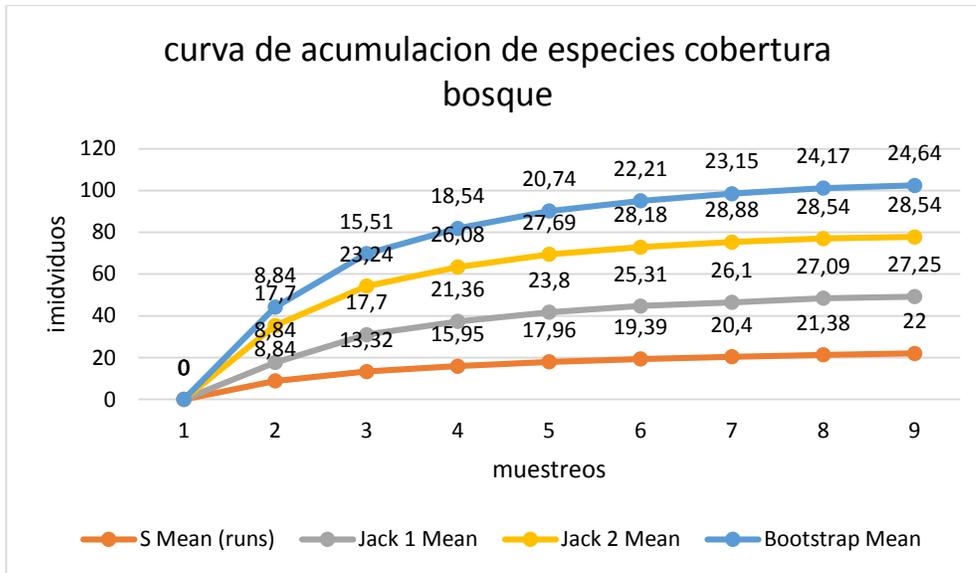


Fuente: Construcción propia

**Jackknife 1= 86,87      Jackknife 2 =90,68%      bootstrap= 91,80%**

En la gráfica (2) se puede observar que la eficiencia de muestreo mediante los estimadores ecológicos bootstrap y Jackknife de 1 y 2 orden en los que según él estimador Jackknife de 1 orden predijo 33 especies con un 86,87% de completitud; mientras que Jackknife de 2 orden predijo 31 especies con una completitud del 90,68 % y bootstrap 31 especies con un 91,80 % de completitud; sin embargo las especies observadas fueron 29, valor que no difiere significativamente de las especies esperadas predichas por los estimadores, demostrando que el esfuerzo de muestreo fue eficiente.

**Gráfica 3.** Curva acumulación de especies cobertura bosque



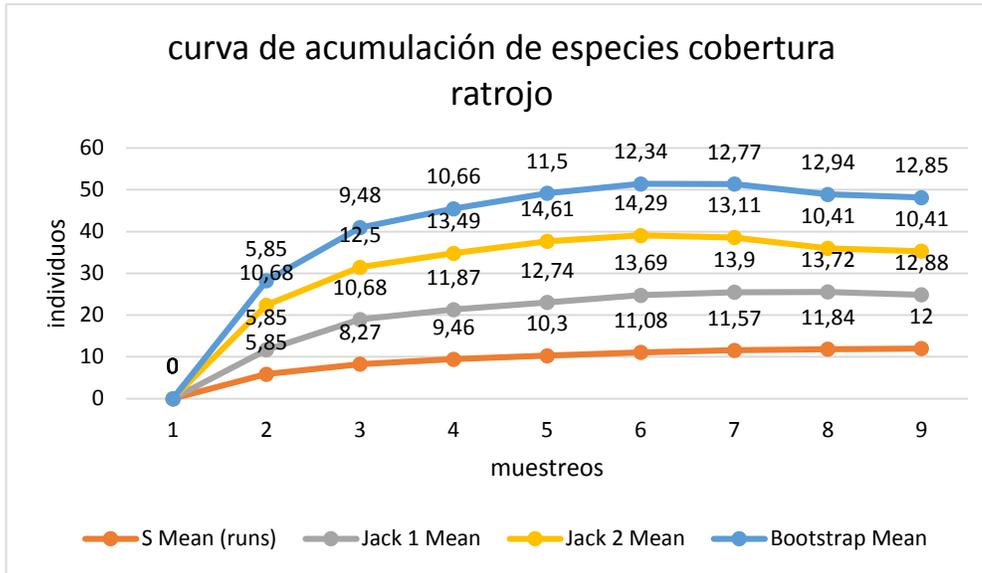
Fuente: Construcción propia

**Jacknife 1 = 80,73%      Jacknife 2= 77,084%      Bootstrap 89,28%**

Según los estimadores Jackknife de 1 orden predijo 27 especies para una completitud del 80,73 %; mientras que Jackknife de 2 orden predijo 28 especies con una completitud del 77 % y bootstrap 24 especies con un 89,28 % de esfuerzo de muestreo, en tanto las especies observadas en la cobertura de bosque fueron 22 demostrando que el esfuerzo de muestreo mediante trampas pitfall, winkler y colecta manual para esta cobertura fue eficiente.

Aunque los valores estimados para el esfuerzo de muestreo son significativos en esta cobertura vegetal no se tuvo en cuenta los estratos arbóreos por lo que posiblemente se hayan quedado algunas especies por registrar.

**Gráfica 4.** Curva de acumulación de especies cobertura vegetal rastrojo



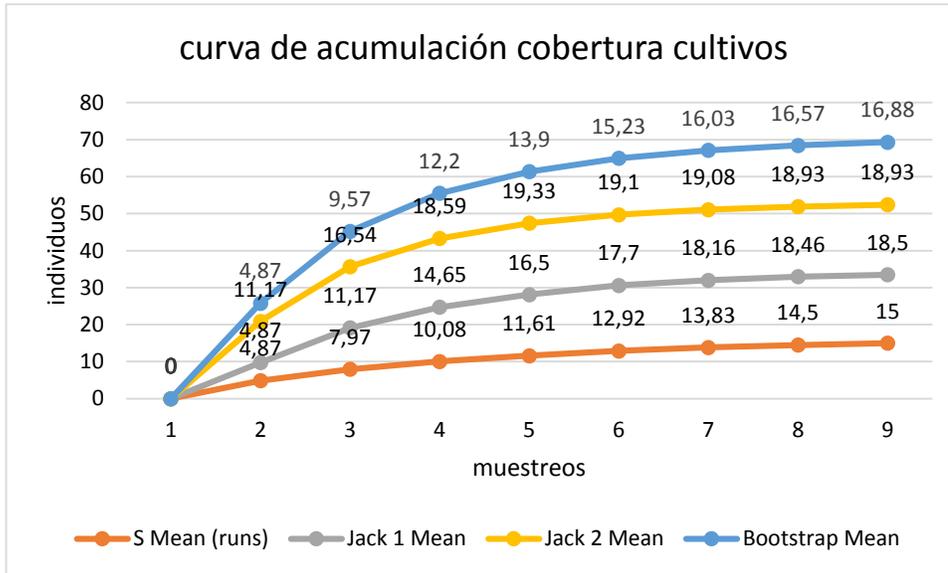
Fuente: Construcción propia

**Jackknife 1 = 93,16 %      Jackknife 2= 86,75%      Bootstrap= 93,38%**

Según los estimador Jacknife de 1 orden predijo 12 especies con un 93,16 % de completitud; mientras que Jacknife de 2 orden predijo 10 especies con una completitud del 86,75 % y bootstrap 12,85 especies con una eficiencia de muestreo del 93,38 % mientras que las especies observadas en la cobertura de rastrojo fueron 12.

A pesar de ser una zona de sucesión secundaria se encuentra fuertemente perturbada por actividades antropogénicas, ya que se frecuenta esta zona en busca de pastos para alimentar bovinos y equinos, además como sitio de pastura directa.

**Gráfica 5.** Curva de acumulación de especies cobertura vegetal cultivos



Fuente: Construcción propia

**Jackknife= 81,08      Jackknife 2= 79,23%      bootstrap =88,86%**

Jackknife de 1 orden predijo 18 especies con 81 % de eficiencia de muestreo; Jackknife de 2 orden 15,55 especies con una completitud del 96,46 % y bootstrap 16, 88 especies, mientras que las especies observadas en la cobertura de cultivos fueron de 15 con los métodos de colecta manual, trampas pitfall y winkler se considera que el esfuerzo de muestreo fue eficiente.

Los valores estimados son menores que el resto de las coberturas muestreadas probablemente porque el esfuerzo de muestreo fue interrumpido por la tala de árboles de uso comercial como eucaliptus, que bordeaba el cultivo y funcionaba como barreras rompe vientos; Holldobler y Wilson<sup>61</sup> afirman que las hormigas son organismos sensibles a los cambios ambientales y de hábitat.

<sup>61</sup> HOLDOBLER Bert y WILSON Owen, The ants. Harvard University Press. Massachusetts. 1990. p. 650.

## 11.2 COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE HORMIGAS DE LAS COBERTURAS VEGETALES ASOCIADAS A LA QUEBRADA RENACER DEL JARDÍN BOTÁNICO DE POPAYÁN

En la Quebrada Renacer de Jardín Botánico de Popayán, se identificaron 6 subfamilias Dolychoderinae, Dolyrinae, Formicinae, Myrmicinae, Poneridae, Pseudomyrmicinae, 17 Generos y 29 especies y un total de 2383 individuos que se relacionan a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Abundancia por subfamilias, géneros y especies de la familia Formicidae

**Tabla 1.** Abundancia de hormigas bioindicadoras asociadas a las coberturas vegetales de la quebrada Renacer del JBP.

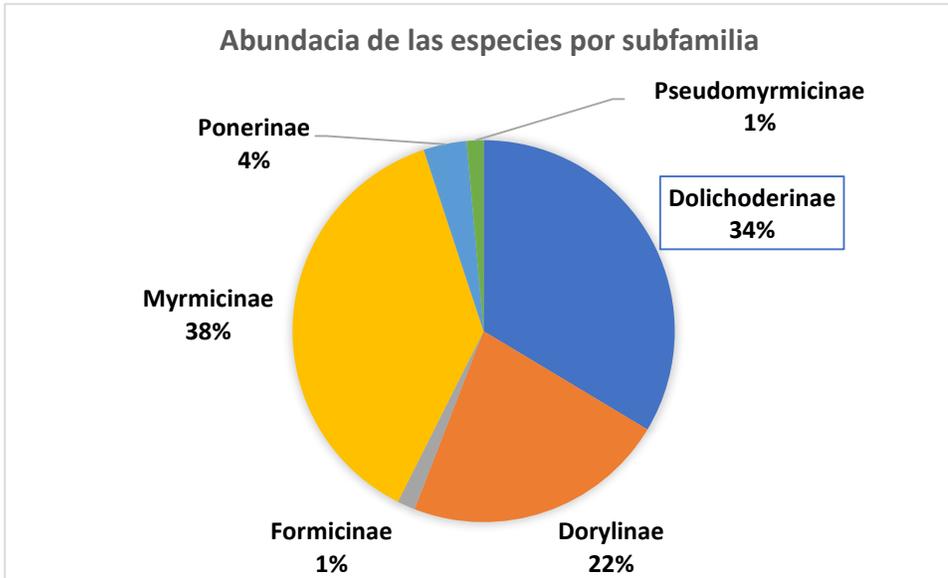
<b>Subfamilias</b>	<b>Generos</b>	<b>Especies</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	<b>Total</b>
Dolychoderinae	Linepithema	<i>Linepithema</i> sp (Mayr, 1866)	68	0	7	75
		<i>Linepithema pilliferum</i> (Mayr, 1870)	155	258	201	614
	Azteca	<i>Azteca alfari</i> (Emery, 1893)	0	64	13	77
	Dolychoderus	<i>Dolychoderus</i> sp (Lund, 1831)	10	18	7	35
Formicinae	Camponotus	<i>Camponotus ligniperda</i> (Latreille, 1802)	4	0	0	4
		<i>Camponotus</i> sp (Mayr, 1861)	4	0	0	4
		<i>Camponotus novogranadensis</i> (Mayr, 1870)	10	9	5	24
		<i>Camponotus simillimus indianus</i> (Forel, 1879)	2	0	0	2
	Myrmelachista	<i>Myrmelachista reclusi</i> (Forel, 1903)	0	0	2	2

Dorylinae	Labidus	<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	398	0	0	398
		<i>Labidus praedator</i> (Smith, F., 1858)	111	22	0	133
Ponerinae	Neoponera	<i>Neoponera</i> sp (Emery, 1901)	13	3	31	47
	Odontomachus	<i>Odontomachus erythrocephalus</i> (Emery, 1890)	0	4	36	40
Myrmicinae	Atta	<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	115	0	0	115
	Megalomyrmex	<i>Megalomyrmex</i> sp (Forel, 1885)	13	0	64	77
	CreMATogaster	<i>CreMATogaster</i> sp grupo <i>Bispinosus</i> (Lund, 1831)	59	0	0	59
	Cyphomyrmex	<i>Cyphomyrmex</i> sp grupo <i>Rimosus</i> (Spinola, 1851)	0	16	0	16
	Nesomyrmex	<i>Nesomyrmex echinatinodis</i> (Forel, 1886)	5	0	0	5
	Pheidole	<i>Pheidole</i> sp1 grupo <i>falax</i> (Westwood, 1839)	8	1	0	9
		<i>Pheidole</i> sp2 (Westwood, 1839)	0	0	5	5

		<i>Pheidole</i> sp3 (Westwood, 1839)	10	18	140	168
		<i>Pheidole</i> sp4 (Westwood, 1839)	69	12	0	81
		<i>Pheidole</i> sp5 (Westwood, 1839)	0	0	40	40
	Procryptocerus	<i>Procryptocerus</i> sp (Emery, 1887)	2	0	0	2
	Solenopsis	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	106	18	158	0
		<i>Solenopsis</i> sp1 (Westwood, 1840)	14	0	0	14
		<i>Solenopsis</i> sp2 (Westwood, 1840)	0	21	0	21
Pseudomyrmicinae	Pseudomyrmex	<i>Pseudomyrmex gracillis</i> (Fabricius, 1804)	0	21	0	21
		<i>Pseudomyrmex pallidus</i> (Smith, F., 1855)	3	10	0	13
<b>Total</b>			<b>1181</b>	<b>495</b>	<b>707</b>	<b>2383</b>

Fuente: Construcción propia.

**Gráfica 6.** Abundancia de individuos por subfamilias



Fuente: Construcción propia

La subfamilia Myrmicinae es la que mayor representa la familia Formicidae (ver gráfica 5) con 38 % de la Abundancia de las especies (*Atta Cephalotes Crematogaster sp Cyphomyrmex sp, Megalomyrmex sp, Nesomyrmex sp, Pheidole sp1, Pheidole sp2, Pheidole sp3, Pheidole sp4, Pheidole sp5, Solenopsis sp1, Solenopsis sp2 y Procryptocerus sp*) según el portal de datos AntWiki<sup>62</sup> Myrmicinae es la subfamilia es la más diversa a nivel mundial y se distribuye en gran variedad de habitats, puesto que, posee la mayor cantidad de géneros; la subfamilia Dolychoderinae con las especies *Linepithema pilliferum y Linepithema sp2 Dolichoderus sp y azteca alfari* representan el 34 % tal representatividad de las Dolychoderinae en campo es posible ya que anidan en múltiples habitats desde el suelo con o sin cobertura vegetal, madera viva o en descomposición, hasta en el dosel arbóreo<sup>63</sup> y la subfamilia Dolyrinae con 22 %

<sup>62</sup> ANTWIKI. Myrmicinae. [En línea] [Citado el: 07 de junio de 2018.] disponible en línea <http://www.antwiki.org/wiki/Myrmicinae>.

<sup>63</sup> CUEZO, Fabiana. Subfamilia Dolychoderinae. [aut. libro] Fernando FERNANDEZ. [ed.] Instituto de investigacion de recursos Biologicos Alexander Von Humbolt. Introduccion a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá: 2003.p. 398.

de representatividad de la abundancia de las especies *Labidus coecus* y *Labidus praedator* seguida de la familia Ponerinae con el 4 % de los individuos pertenecientes a las especies *Odonthomachus erythrocephalus* y *Neoponera* sp.

Según el porcentaje de la representatividad para esta subfamilia se relaciona con un estudio realizado a las hormigas cazadoras de Colombia<sup>64</sup> en el que se concluye que la transformación del hábitat se ha encargado de modificar la estructura de las comunidades de esta subfamilia al igual que su composición, por esto, se encuentran algunas similitudes y diferencias en cuanto a la composición de esta subfamilia en los ecosistemas del país, además sus individuos se restringen en su mayoría a áreas boscosas.

Mientras que las menos comunes fueron las subfamilias Pseudomyrmicinae 1 % solo con dos especies *Pseudomyrmex pallidus* y *Pseudomyrmex gracillis*, que fueron colectadas en la cobertura perteneciente al cultivo de café por último la subfamilia Formicinae 1 % con las especies *Camponotus novogranadensis*, *Camponotus indianus*, *Camponotus* sp, *Camponotus ligniperda* "la representatividad de esta subfamilia se encuentra especialmente sujeta a morfo especies de este género el cual se caracteriza por ser el más diverso en especies en el mundo"<sup>65</sup>

Además según Klotz Jhon *et al*<sup>66</sup> es de hábitos arborícolas y nocturnos, por ello, la rareza en la abundancia de este género debido a la competencia con otras hormigas y la depredación por aves.

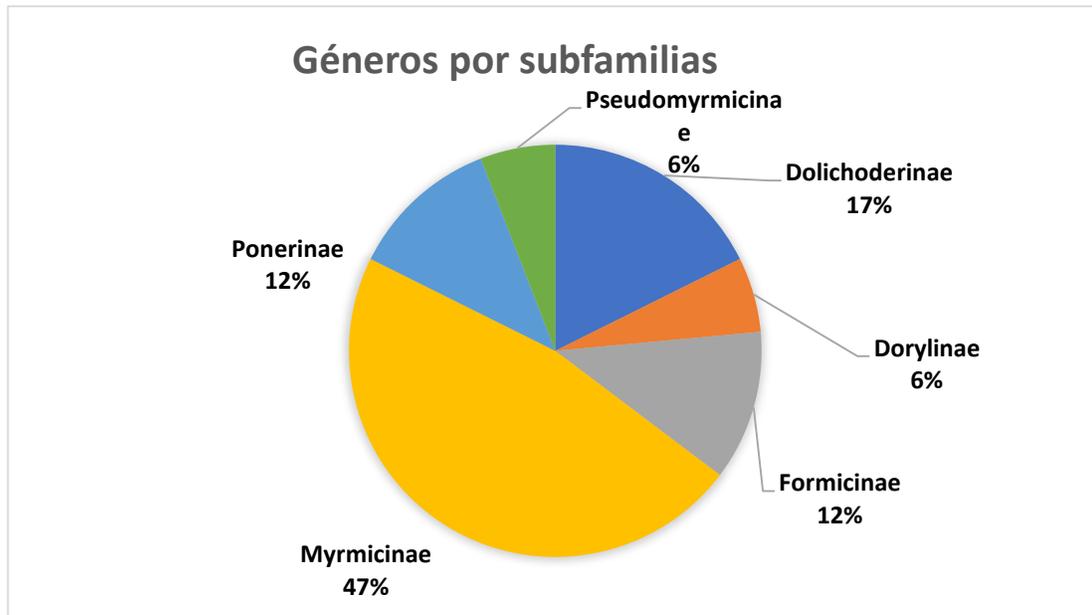
---

<sup>64</sup> YARA, Claudia y REINOSO, Gladys. Hormigas cazadoras (Ectatomminae y Ponerinae) en fragmentos de bosque seco y sus matrices . Tolima: 2012, Revista Colombiana de Entomología, Vol 2, No 38. p.329.

<sup>65</sup> AKTAC, Nihat; KIRAN, Kadri and KARAMAN Celal. Ants of the genus *Camponotus* Mayr, 1861 (Hymenoptera: Formicidae) in the Kaz Mountains, Turkey, with descriptions of sexuals of *Camponotus candiotes* Emery, 1894 and *Camponotus ionius* Emery, University, Department of Biology Faculty of ants and sciences. Trakya. 1922. Turkey : 2011. Vol. 2, No 35.

<sup>66</sup> KLOTZ, John, et al. Las hormigas carpinteras [ed.] JOHN RICHARD SCHROCK. 4. Kansas: July de 1999, EMPORIA STATE UNIVERSITY, Vol. 45, p.1.

**Gráfica 7.** Representatividad de géneros por subfamilias



Fuente: Construcción propia

En cuanto al porcentaje de géneros sigue siendo Myrmicinae la más abundante con 7 géneros que representan el 47 %, los cuales son el género *Atta*, *Crematogaster*, *Solenopsis*, *Procryptocerus*, *Nesomyrmex*, *Megalomyrmex* y *Cyphomyrmex*, seguida de la subfamilia Dolychoderinae con 3 géneros lo cual corresponde al 17 % del valor los géneros son *Linepithema*, *azteca* y *Dolychoderus*, le sigue la subfamilia Formicinae con 2 géneros *Camponotus* y *Myrmelachista*, con un valor del 12 % al igual que los géneros *Odonthomachus* y *Neoponera* pertenecientes a la subfamilia Ponerinae entre los valores más bajos se encuentra la subfamilia Pseudomyrmicinae con el género *Pseudomyrmex* y Dolyrinae que según *Brady et al*<sup>67</sup> son conocidas como las hormigas guerreras las cuales son dominantes en ecosistemas terrestres tropicales y subtropicales altamente especializadas en la predación con 1 género *Labidus* que corresponde al 6 % de representatividad.

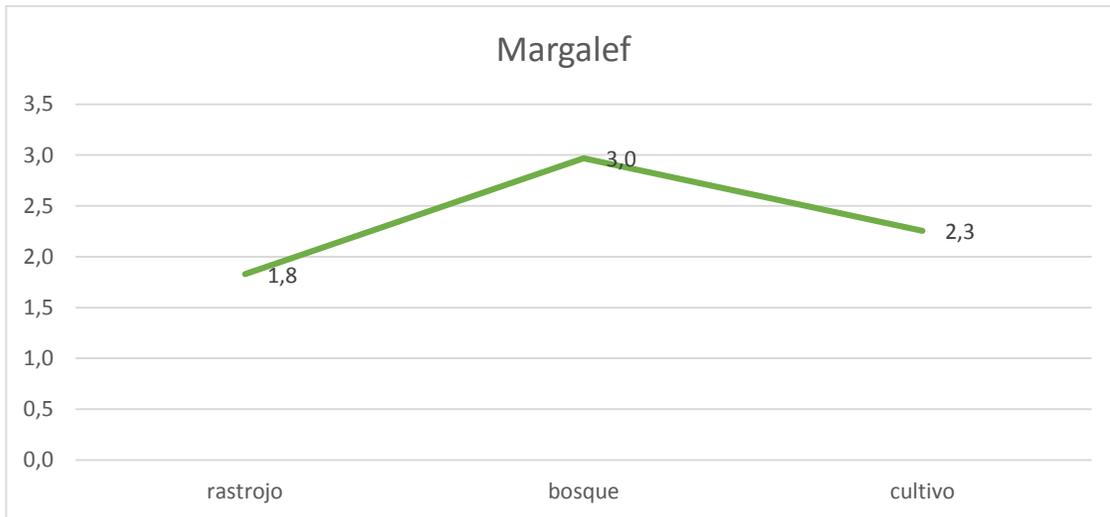
---

<sup>67</sup> BRADY, Sean, *et al.* He rise of army ants and their relatives diversification of specialized predatory doryline ants [prod.] BMC Evolutionary Biology. 2014.

## 11.3 RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPECIES POR COBERTURAS VEGETALES

### 11.3.1 Índice de Margalef

**Gráfica 8.** Riqueza específica por coberturas vegetales



Fuente: Construcción propia

Según el índice de riqueza específica de Margalef la cobertura de mayor riqueza es el bosque con un valor de 3,0 esta riqueza se debe posiblemente porque esta cobertura es la que se encuentra en mejor proceso de regeneración debido a que tiene mayor heterogeneidad vegetal, al encontrarse los estratos rasante, arbustiva, arbórea, sotobosque y de dosel, pertenecientes a diferentes familias botánicas por lo tanto ofrece mayor cantidad de hábitats y disponibilidad de recursos ambientales y alimenticios, los resultados de un estudio de Vanegas Andrés<sup>68</sup> aseguran que en bosques secundarios en regeneración puede existir más diversidad a pesar de las intervenciones antrópicas, lo que indica niveles bajos de perturbación.

---

<sup>68</sup> VANEGAS, Andrés. Efecto de la Complejidad del Hábitat en la Composición de la Comunidad de Hormigas en Bosques Premontanos en el área de Influencia de la Central Hidroeléctrica Op Cit., 84 p.

Mientras que la cobertura vegetal rastrojo tiene un valor inferior a 2 indicando baja riqueza específica que según Margalef Ramón<sup>69</sup> puede ser ocasionada por efectos antropogénicos. Por incidencia de actividades antrópicas como el corte de pastos para alimentar animales y abrir caminos, pastura directa de bovinos y equinos; la riqueza en rastrojo fue baja respecto a la estimada para la cobertura de bosque que se relaciona con los resultados de una investigación de la diversidad de hormigas en cuatro ambientes diferentes de Arenas Andersson *et al*<sup>70</sup> donde se concluye que las hormigas demostraron alta sensibilidad a la transformación de sus ambientes siendo de mayor riqueza el bosque que descendió, comparada con los pastizales y en los matorrales la riqueza fue mayor lo que asegura que la interconectividad puede generar bases para procesos de restauración ecológica.

Respecto a la cobertura de cultivo, se estimó una riqueza con un valor de 2,3 este valor cercano al 2 posiblemente por la intervención antrópica en tiempos de cosechas, mantenimiento del cultivo y la tala de árboles de uso comercial, además es una zona agrícola con cultivos de café con sombrío, vegetación arvense, ruderal, plátano y espacios de guadua, que se le da poco manejo técnico esta cobertura presenta ligera dominancia sobre la cobertura rastrojo debido a que como lo menciona Valenzuela Jorge<sup>71</sup> en resultados obtenidos en un estudio en una finca cafetera que la estructura de la vegetación de sombrío e los cafetales influye sobre la riqueza, diversidad y abundancia de las hormigas presentes en ellos.

---

<sup>69</sup> MARGALEF citado por LÓPEZ, Mery. En Revista criterios, diversidad de algas perfitas, Centro de Publicaciones e Investigaciones Universidad Mariana, 9 de abril de 2010.p. 112

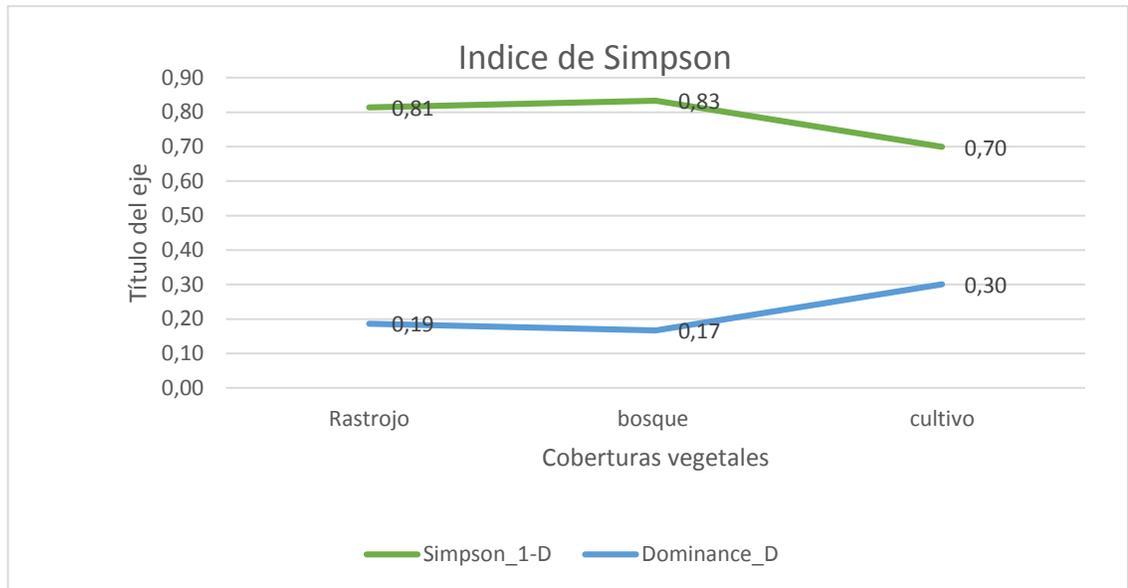
<sup>70</sup> ARENAS, Andersson; CORREDOR, German y AMBRECHT, Inge. Hormigas y Carábidos en Cuatro Ambientes del Piedemonte del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología. Enero-junio, 2015. Vol. 41. No. 1., p.120-125.

<sup>71</sup> VALENZUELA, Jorge, et al. Hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) Agro ecosistemas cafetaleros de Veracruz, capítulo 8. p 107- 121

## 11.4 ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES EN RELACIÓN CON SU ABUNDANCIA

### 11.4.1 Índice de Simpson

**Gráfica 9.** Dominancia de Simpson por coberturas vegetales



Fuente: Construcción propia

El índice de Simpson a nivel de transectos o coberturas se observa que el cultivo presenta mayor dominancia de especies con un valor del (0,30) y una diversidad del (0,70) menor que las coberturas bosque y rastrojo, debido a que presenta dominancia de parte de la especie *Linepithema piliferum* (Ver anexo dominancia de Simpson por especies) en el corregimiento de Siberia de Caldoño, Cauca; se reportó una especie cercana como la especie *Linepithema neotropicum* que fue dominante de los cafetales con sombra ya que las especies pertenecientes al género *Linepithema* Según Gallego María <sup>72</sup> tienen alta capacidad reproductiva consideradas plagas e indicadoras de ambientes perturbados.

<sup>72</sup> GALLEGO, María Cristina; MONTOYA, James y AMBRECHT Inge. ¿Es la sombra benéfica para la diversidad de hormigas y peso del café? Una Experiencia en Pescador, Cauca, Colombia. En: Boletín Científico Centro de Historia Museo Natural. Diciembre, 2009. Vol. 13. No. 2., p.106-116.

El rastrojo obtuvo una dominancia (0,19) menor que el cafetal, y una diversidad del 0,81% lo que indica que en el rastrojo las especies se encuentran mejor distribuidas que en el cafetal, aunque esta cobertura también presentó dominancia en el rastrojo de la especie *Linepithema piliferum* esta dominancia fue mínima en comparación con la cobertura cultivo.

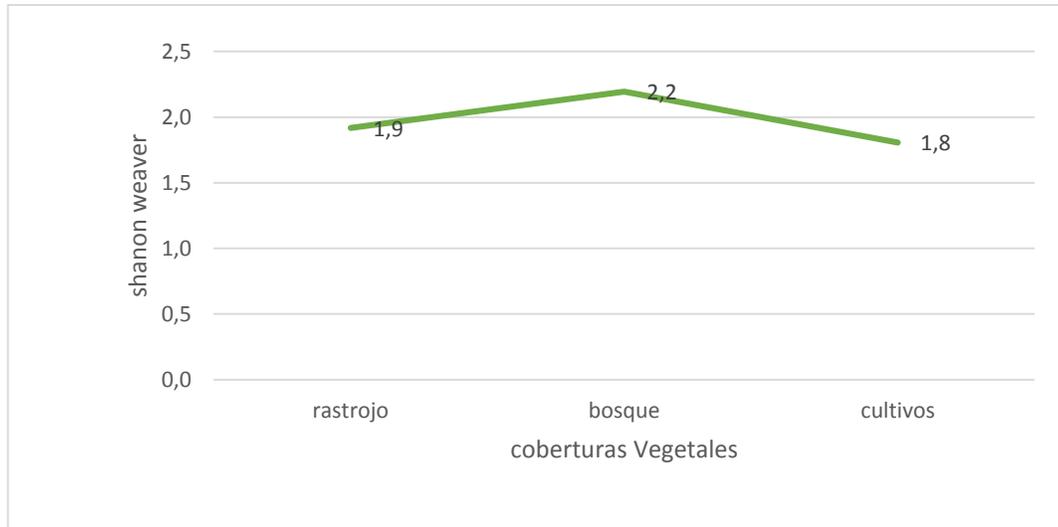
La cobertura de bosque en el cual el índice de dominancia de Simpson tiene un valor de dominancia del (0,16) y de diversidad del (0,83) ligeramente diferente a la de la cobertura rastrojo debido a que este posee mayor heterogeneidad vegetal, por lo tanto una mejor distribución de las especies y mayor exclusividad. Valenzuela Jorge<sup>73</sup> compara la diversidad de especies de hormigas en diferentes coberturas vegetales, similares a las de esta investigación, se estima que en los bosques la dominancia es mínima por lo tanto existe mayor diversidad, ya que aquella tiende a incrementar conforme se aumenta la complejidad de la estructura arbórea.

---

<sup>73</sup> VALENZUELA, Jorge. Ibid., p. 112

#### 11.4.2 Índice de Shannon Wiener

**Grafica 10** .Diversidad por coberturas vegetales asociadas - Quebrada Renacer



Fuente: Construcción propia

Se tiene como resultado a nivel general  $H' = 2,5$  que indica que hay una diversidad normal o diversidad media; a nivel de coberturas vegetales como se indica en la gráfica (ver gráfica 10) la cobertura bosque es más diversa con un valor de (2,2) mientras que los valores estimados para las otras coberturas demuestran menor diversidad, con un valor de (1,8) para la cobertura de cultivo y (1,9) para la cobertura de rastrojo para estas coberturas los valores son bajos en este índice lo que implica dominancia de algunas especies sobre otras y por lo tanto menor heterogeneidad y equidad, esto debido a la composición de la vegetación la cual restringe la cantidad de hábitats disponibles, los límites de tolerancia de especies exclusivas y el aumento en la dominancia de especies más tolerantes, generalistas plagas, las interacciones ecológicas y la disponibilidad de alimento tal y como se corrobora con las afirmaciones de Frith y Olson citados por Farfán<sup>74</sup> que afirman que la baja diversidad y abundancia

---

<sup>74</sup> FARFAN, Edixon. Diversidad De Hormigas (hymenoptera: Formicidae) Asociada a un Gradiente Altitudinal en el Sector Cerro El Tigre. Parque Nacional Yurubí. Estado Yaracuy. Venezuela. Requisito para optar al título de Licenciado en Biología. Bárbula: Universidad De Carabobo. 2014. 114 p.

puede estar relacionado con la disponibilidad de nutrientes y/o fluctuaciones de las condiciones ambientales.

Al contrario de la cobertura de bosque en el cual se observa que hay más diversidad vegetal y mayor cantidad de hojarasca por lo tanto el índice de Shannon para las hormigas tiene un valor más alto lo que implica mayor equidad, además mayor heterogeneidad<sup>75</sup> Según Lattke<sup>76</sup> La diversidad de hormigas aumenta en espacios con mayor cobertura vegetal y complejidad estructural de los hábitats, puesto que la productividad es mayor y hay más micro hábitats disponibles.

En cuanto a los índices de diversidad Vanegas Andrés.<sup>77</sup> Reportó que la diversidad en un bosque secundario la perturbación fue mínima pese a las intervenciones antrópicas, con lo que se concluyó que el bosque se encuentra en proceso de recuperación. Al igual que la cobertura de bosque asociado a la Quebrada Renacer en el cual se resalta la importancia de la conservación de los bosques secundarios para favorecer la diversidad local y regional.

---

<sup>75</sup> VANEGAS, Andrés. Efecto de la Complejidad del Hábitat en la Composición de la Comunidad de Hormigas en Bosques Premontanos en el área de Influencia de la Central Hidroeléctrica Porce II. *Op. cit.*, p.84.

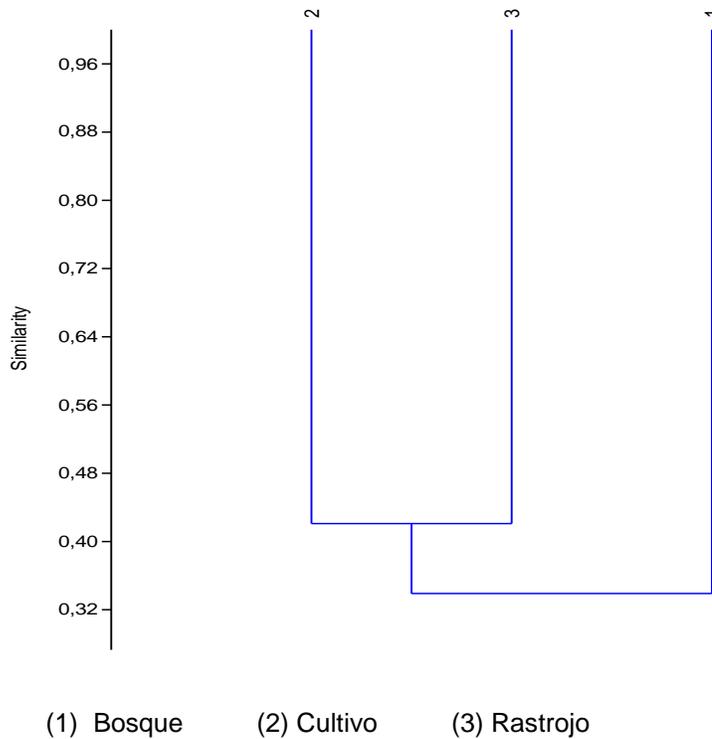
<sup>76</sup> LATTKE, Jhon. Biogeografía de las hormigas neotropicales. En FERNÁNDEZ Fernando (Ed.). Introducción a las Hormigas de la Región neotropical - Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt - Bogotá, Colombia: 2003. p. 75-85.

<sup>77</sup> VANEGAS, Andrés. *Op Cit.*, p.89.

## 11.5 SIMILITUD

### 11.5.1 Índice de similitud de Jaccard

**Gráfica 11.** Dendograma similitud índice de Jaccard coberturas vegetales asociadas a la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán



Fuente: Construcción propia

Este índice va de 0 - 1, cuando tiende a 0 no hay especies compartidas o en común, a medida que aumenta a 1 hay mayor número de especies compartidas. En cuanto a la similitud calculada con el índice de Jaccard se tiene que el cultivo y el rastrojo tienen un total de 0,42 de especies compartidas o en común, esto se debe a que las especies que comparten son especies generalistas, dominantes y comunes comparado con la cobertura vegetal bosque, la cual como se observó anteriormente posee más exclusividad de especies, puesto que

incluye mayor número de especies raras con límites de tolerancia restringidos a este tipo de cobertura.

Sin embargo, se observa que la cobertura vegetal cultivo y el bosque tienen una similitud del 0,37 de las especies, esto se debe por el valor estimado en la riqueza específica en el cual el bosque y el cultivo mostraron mayor riqueza de especies, en cuanto al rastrojo y el bosque la similitud entre especies compartidas fue más baja con 0,30 de similitud lo que se atribuye a las diferencias de la estructura de la composición florística, la riqueza y la exclusividad de especies y la preferencia de hábitats.

Aunque en los tres tipos de coberturas no se observan diferencias significativas tal y como se observa en el dendograma, se infiere que es porque los tres tipos de coberturas se encuentran asociados a una sola matriz del paisaje que es la correspondiente a la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán, por lo tanto, comparten características ambientales y ecológicas similares con mínimas variaciones de acuerdo a la estructura y composición florística de las coberturas evaluadas (ver gráfico 11).

**Tabla 2.** Valor índice de Jaccard por coberturas

<b>Cobertura</b>	<b>Bosque</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Rastrojo</b>
<b>Bosque</b>	1	0,37037	0,30769
<b>Cultivo</b>	0,37037	1	0,42105
<b>Rastrojo</b>	0,30769	0,42105	1

Fuente: Construcción propia

## 11.6 ESPECIES INDICADORAS

Las especies de la familia Formicidae indicadoras según el criterio de presencia ausencia y los datos obtenidos mediante los perfiles de rango abundancia, se lograron identificar las especies que pueden ser utilizadas como bioindicadoras del estado ecológico de las diferentes coberturas vegetales de la Quebrada Renacer.

Los resultados muestran que las coberturas vegetales con características diferentes como coberturas en regeneración rastrojos, bosque secundario con intervención antrópica y cultivo como café con árboles frutales y de sombrío, muestran algunas similitudes o diferencias en cuanto a la presencia – ausencia, especies abundantes, comunes y raras de comunidades de Formicidae, que las hace indicadoras del estado de estas coberturas vegetales y de las características del paisaje.

Los resultados se agrupan en una matriz de datos en las que se pueden observar las especies y géneros de la familia Formicidae que cumplen con las características para la bioindicación de las coberturas vegetales asociadas a la Quebrada Renacer, en donde paralelamente se tiene en cuenta la diversidad y riqueza de las especies para cada cobertura vegetal, además se compara y se adapta a la matriz de datos propuesta por el texto monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres sugerida para la indicación de los diferentes tipos de coberturas y usos de suelo en las regiones de Colombia.

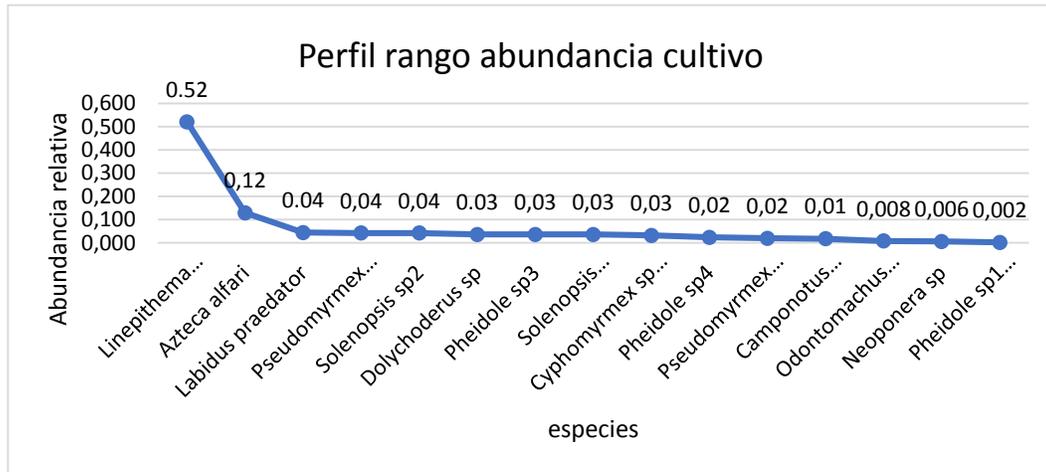
**Tabla 3.** Géneros y especies bio-indicadoras y Criterio de presencia ausencia del Jardín Botánico de Popayán

<b>Genero / especie</b>	<b>I</b>	<b>Descripción</b>	<b>B</b>	<b>R</b>	<b>C</b>
<i>Atta cephalotes</i>	-	Zonas disturbadas	X		
	-	Pastizal potreros			
<i>Linepithema pilliferum</i>	-	Pastizal potreros	X	X	X
<i>Odonthomachus erythrocephalus</i>	-	pastizal potreros		X	X
<i>Pheidole</i> sp	-	Zonas perturbadas/hormigas vagabundas/oportunistas	X	X	X
<i>Pseudomyrmex gracillis</i>	-	uso de suelo de cultivos anuales			X
<i>Solenopsis</i>	-	zonas perturbadas/hormigas vagabundas/oportunistas	X	X	X
<i>Azteca alfari</i>	+	cafetales interacciones / control biológico		X	X
<i>Camponotus indianus</i>	+	hábitat de cobertura arbórea sistemas silvopastoriles	X		
<i>Creumatogaster</i>	+	vegetación arbórea y arbustiva hábitos generalistas	X	X	
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	+	bosques secundarios			X
	-	pastizal potreros			
<i>Dolichoderus</i> sp	+	potencial en control biológico de cultivos	X		X
<i>Labidus coecus</i>	+	amplia tolerancia ecológica control poblaciones de <i>Atta cephalotes</i>	X		
<i>Labidus praedator</i>	+	Zonas de regeneración Bosques secundarios	X		X
<i>Megalomyrmex</i>	+	agro depredadora /usurpadora del jardín control biológico	X	X	
<i>Myrmelachista</i>	+	indicadoras de bosques secundarios tolerante a la perturbación de ecosistemas			X
<i>Neoponera</i> sp	+	bosques secundarios	X	X	X
<i>Procryptocerus</i> sp	+	bosques secundarios poco tiempo de recuperación	X		

Fuente: Construcción propia con la adaptación de especies de hormigas indicadoras de paisajes - Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt

**Gráfica 12.** Curva rango abundancia - especies de Formícidos cobertura vegetal

Cultivos



Fuente: Construcción propia

Según el perfil de rango abundancia de especies para los cultivos (ver grafica 12) se identificaron un total de 15 especies, la especie que representa mayor peso ecológico para esta cobertura es *Linepithema pilliferum* con un valor de 0,52 de abundancia relativa seguidamente se observa que la pendiente de la curva disminuye pronunciadamente, hasta *Azteca alfari* que representa un total del 0,12 cuya abundancia también es significativa la cual se encontró asociada a los arboles de sombrío como aguacate (*Persea americana*) y el árbol de zapote (*Pouteria sapota*) En un estudio similar en México realizado por Martínez Ricardo<sup>78</sup> la especie *Azteca alfari* es considerada una especie relevante para este tipo de ecosistemas porque es uno de los especímenes utilizados para el control biológico de la broca del café de manera que su abundancia relativa cumple con un nicho fundamental como el servicio de regulación de los insectos que probablemente puede ser plaga para los agro ecosistemas como en el cafetal de esta investigación, ver afectada la economía agrícola, mientras que

<sup>78</sup> MARTÍNEZ, Ricardo. Hormigas asociadas a los árboles de sombrío en cafetales de Quipile, Cundinamarca, Colombia. Requisito para optar al título de Biólogo. Bogotá: Universidad INCCA de Colombia. 2012. 30 p.

entre las especies comunes o equitativas se encuentra *Labidus praedator* 0,04 y especies del género *Pseudomyrmex* de la especie *gracilis* asociada a árbol de chachafruto (*Erythrina edulis*) con 0,04 de abundancia relativa y la especie *Pseudomyrmex pallidus* con 0,02 asociada a la planta de plátano (*Musa paradisiaca*) y a la planta de salvia (*Salvia officinalis*) que para Chacon Patricia *et al* <sup>79</sup> son hormigas que se caracterizan por estar presentes en los cultivos anuales en las regiones naturales de la Orinoquía.

En cafetales de departamento del Cauca según Gallego María <sup>80</sup> se han colectado especies de *Pseudomyrmex* asociadas a la presencia y al mantenimiento de Coccoidea especialmente de escamas que son plagas que pueden afectar la productividad al igual que lo hace la broca. Las especies pertenecientes al género *Solenopsis* con *Solenopsis geminata* y *Solenopsis* sp que según Chacón, en la Revista Palmas, son especies promisorias debido a su alto grado de distribución que ejercen actividades de depredación sobre insectos epigeos e hipogeos, además se hace énfasis en que en los cultivos anuales como el maíz son pertinentes para el control de posturas, larvas y pupas de gusano.

Mientras que en cultivos de café tal y como afirman Vélez *et al* <sup>81</sup> es depredadora de estados juveniles y adultos de la broca del café; en el presente perfil de rango abundancia *Solenopsis* se ubica dentro de las especies comunes en esta cobertura por lo que se comprueba con lo afirmado por Perfecto 1994 citado por

---

<sup>79</sup> CHACÓN, Patricia; RODRÍGUEZ, E. y LAVELLE, P. Soil ants as indicators of provisión of ecosystem services in producción system of the Eastern plains of Colombia. En: XVI Congreso colombiano de la ciencia del suelo "La Ciencia del Suelo al Servicio de la Sociedad y del Ambiente". Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. Riohacha, Colombia.2012. p.611.

<sup>80</sup> GALLEGO, María Cristina; MONTOYA, James y AMBRECHT Inge. ¿Es la Sombra Benéfica para la Diversidad de Hormigas y Peso del Café? Op Cit., p 113.

<sup>81</sup> VELEZ, Moisés; ASTUDILLO, Alex y POSADA Francisco. Depredación de *Hypothenemus Hampei* por Hormigas Durante el Secado Solar del Café. En: Cenicafé. 2007. Vol. 57. No. 3., p. 205.

Barbera, et al, donde afirman que en cafetales bajo sombra en meso américa es poco frecuente debido a que por sus requerimientos ecológicos necesita de espacios abiertos, los resultados de este mismo estudio demuestran que estuvo presente en todas las coberturas estudiadas pero en las que poseían más sombra su abundancia fue menor<sup>82</sup> por ello, es más abundante en la cobertura rastrojo; la presencia de la especie *Cyphomyrmex rimosus* con una abundancia relativa de 0,03 considerando que en estudios para la región andina por Aguilar Mauricio y Ramirez Wilson<sup>83</sup> se ha encontrado como indicadora en áreas en procesos de restauración y zonas boscosas aunque no se descarta la presencia en zonas de pastizales donde construye sus nidos con un porcentaje mínimo de captura menor al 1 %. La presencia en esta cobertura se debe potencialmente a la presencia de árboles de sombrero, la cercanía de la zona de cultivo a la vegetación riparia, además la vegetación arvense y ruderal.

Al igual que *Camponotus novogranadensis* con 0,01 colectadas en las plantas de café y nidificando en árboles de guama (*Inga edulis*) las especies raras según el perfil de rango abundancia son las menos abundantes como *Odonthomachus erythrocephalus*, *Neoponera* sp y *Pheidole* sp1. respecto a estas rarezas y abundancias sobresalientes se puede inferir que es proporcionada porque es una cobertura de uso agrícola, que ha sufrido recientemente cambios e impactos ecológicos ocasionados por la tala de árboles de uso comercial como eucaliptos durante los meses de muestreo, pues los formícidos como se mencionó anteriormente son organismos muy sensibles que según Carrascal L y Palomino

---

<sup>82</sup> BARBERA, Nadiejda, et al. Diversidad de Especies de Hormigas en un Gradiente de Cafetales Orgánicos y Convencionales. En: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 2004. No. 72., p. 69

<sup>83</sup> AGUILAR, Mauricio y RAMIREZ, Wilson. Monitoreo a Procesos de Restauración Ecológica Aplicado a Ecosistemas Terrestres Op Cit., p. 193.

D<sup>84</sup> responden rápidamente a los impactos ambientales, a causa de las actividades humanas que ocasionan alteración a los ecosistemas y la distribución normal de las especies, favoreciendo a otras especies en su área de distribución y aumentando su densidad ecológica .

Como se puede apreciar en la gráfica la mayor abundancia ocurre para *Linepithema piliferum* la cual “es una especie típica de ecosistemas con características afines a esta cobertura y de perturbación de ecosistemas”<sup>85</sup> limitando la distribución de las especies raras. Aunque *Odonthomachus erythrocephalus* también es una especie conocida por su capacidad indicadora de ambientes perturbados como pastizales y potreros, también ha sido reportada con mayor frecuencia en cafetales bajo sombra y en rastrojos por Abadía *et al*<sup>86</sup> donde la diversidad ha sido muy homogénea entre este tipo de coberturas.

Confluyendo estos datos con el índice de riqueza específica de Margalef, esta cobertura presenta mayor riqueza que la cobertura rastrojo que es un área más abierta pues es un sistema agrícola de cultivo de café, plátano y árboles frutales o de sombrío con manejo integrado de plantas arvenses lo que manifiesta mayor distribución del hábitat y mayor cantidad de recursos que favorecen las especies, sin embargo, estas especies desde las más abundantes hasta las más raras, son especies que indican en su mayoría fragmentación de ecosistemas, a excepción de *Neoponera sp* que se reporta como especie rara para esta cobertura la cual es más común en la cobertura de bosque, *Labidus praedator* y *Azteca alfari* con importantes nichos ecológicos.

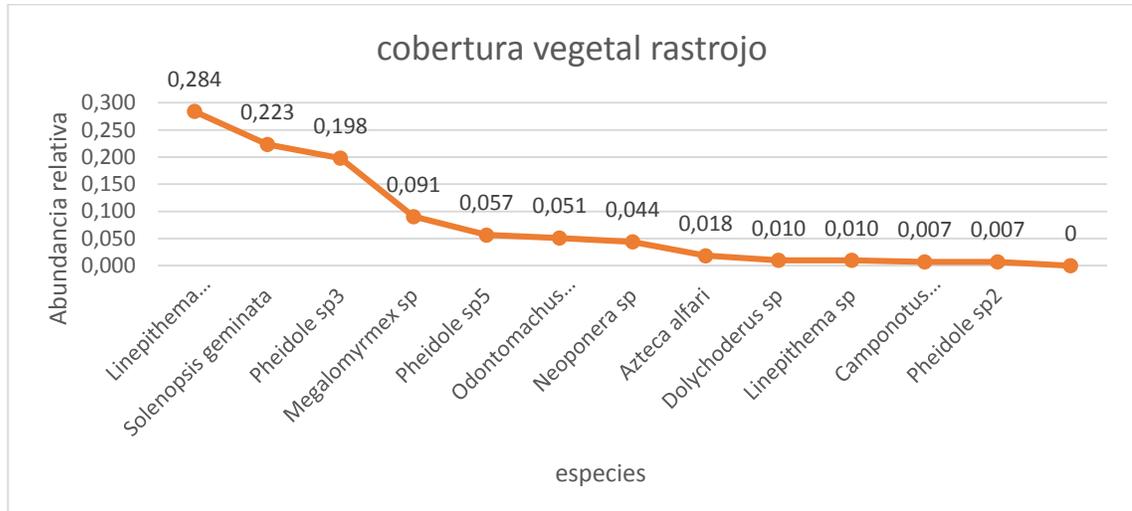
---

<sup>84</sup> CARRASCAL, L. y PALOMINO, D. Rareza, estatus de conservación y sus determinantes ecológicos. Revisión de su aplicación a escala regional. En: Graellsia, 2006. Vol. 62. No. Extraordinario., p. 524

<sup>85</sup> ESCÁRRAGA, Mayron y GUERRERO Roberto. The ant genus *Linepithema* (Formicidae: Dolychoderinae) in Colombia.

<sup>86</sup> Abadía, et al. 2010. Op Cit.,

**Gráfica 13.** Curva rango abundancia - especies de Formícidos cobertura vegetal rastrojo asociada a la Quebrada Renacer – con abundancia en términos relativos



Fuente: Construcción propia

El Rastrojo al igual que la cobertura cultivo tiene alta representación de la especie *Linepithema piliferum* con 0.28 de abundancia relativa, que es una especie que indica perturbación en el ecosistema, característica de pastizales y potreros, su presencia en esta cobertura se justifica porque es una área que se encuentra en proceso de regeneración natural, sin embargo, es fuertemente interrumpida por actividades antrópicas como el corte de pastos y vegetales para abrir camino y alimentar semovientes como ganado y caballos y regularmente como sitio de pastoreo directo.

Al contrario de la cobertura vegetal cultivo en la que *Linepithema piliferum* tiene línea de tendencia más pronunciada, en esta cobertura se observa que comparte abundancias próximas con la especie *Solenopsis geminata*, especies que según Aguilar Mauricio y Ramirez Wilson <sup>87</sup> es “especialista en climas cálidos” afín a zonas abiertas y soleadas con alto grado de disturbio como zonas agrícolas, mineras, plantaciones comerciales, potreros y áreas urbanas. Del género

<sup>87</sup> AGUILAR, Mauricio y RAMIREZ, Wilson. Monitoreo a Procesos de Restauración Ecológica Aplicado a Ecosistemas Terrestres. Op Cit., p.195.

*Pheidole* se tiene la morfo especie abundante como *Pheidole* sp3, con el 0,19 de abundancia relativa y delimitada bajo morfo especie común *Pheidole* sp5, y como rara a la morfo especie *Pheidole* sp2 que según Chacon Patricia y Abadia Juan C <sup>88</sup> al igual que las pertenecientes al género *solenopsis* son hormigas dominantes y oportunistas, conocidas como hormigas vagabundas indicadoras de perturbación localmente pueden ser muy dominantes y ecológicamente muy diversas.

En la gráfica se aprecia como este género se distribuye en perfil de rango abundancia, puesto que se registra como abundante, común y rara, se infiere que dentro de esta cobertura vegetal estas morfo especies tienen gran capacidad de adaptación que les facilita ajustarse fácilmente a las condiciones de estrés y extender la densidad de su población, simultáneamente se observa que ejemplares pertenecientes a este género también fueron reportados en la cobertura vegetal rastrojo como especie común *Pheidole* sp3 y como rara *Pheidole* sp1.

Como especie común se encuentra la especie *Odonthomachus erythrocephalus* que según Chacon Patricia <sup>89</sup> es indicadora de ecosistemas perturbados como pastizales y potreros, asociada a ambientes urbanos y centros hospitalarios, ligada a la transmisión de infecciones, es una especie bastante agresiva que al entrar a las viviendas puede ocasionar problemas por picaduras. En esta cobertura se encontró en pequeños grupos de 4 a 5 individuos explorando sobre los pastos y aportando a la cadena trófica como cazadora solitaria de individuos del género *Orthoptera*.

---

<sup>88</sup> CHACÓN, Patricia y ABADÍA, Juan C. Dos Décadas de Estudio de la Diversidad de Hormigas en Colombia. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Abril, 2014. Vol. 38. No. 148., p. 256.

<sup>89</sup> CHACÓN, Patricia. Hormigas urbanas. En FERNÁNDEZ, Fernando (Ed.). Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical. Capítulo 20, Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt- Bogotá, Colombia: 2003. p.351.

Como especies comunes y poco comunes se encuentran especies benéficas como *Azteca alfari* asociada a un árbol de yarumo (*Cecropia angustifolia*) en etapa de crecimiento con un 0,04 de abundancia relativa, en campo se observó una disminución de la población durante las fases de muestreo, como se citó anteriormente, esta especie es clave en el control biológico de otros organismos.

También se reportó *Neoponera* sp que tiene mayor preferencia por hábitats boscosos, indicadora del buen estado de los ecosistemas, aunque se ha registrado ocasionalmente en áreas abiertas como potreros donde sus porcentajes son menores al 1 %<sup>90</sup> su presencia en esta cobertura también es baja, posiblemente a la intervención antrópica frecuente, también pudo haberse encontrado explorando sitios de anidación y de forrajeo o por la cercanía a la vegetación riparia asociada a la Quebrada Renacer y también por la cercanía a bosques de fincas aledañas al Jardín Botánico de Popayán

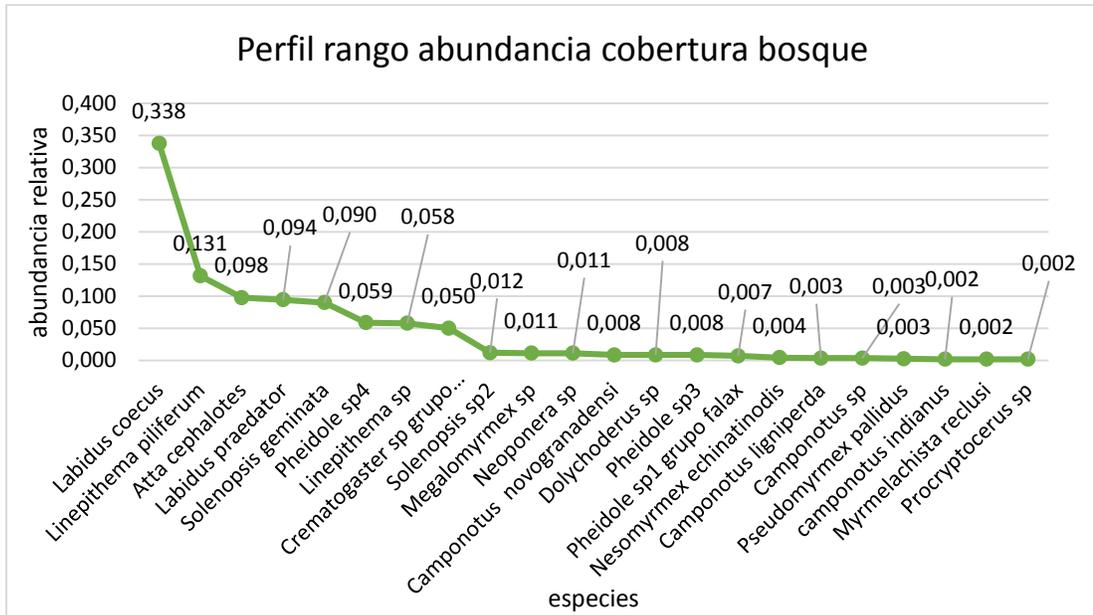
Al igual que *Dolychoderus* sp, que según Ortiz Claudia y Fernández Fernando<sup>91</sup> es de hábitos arborícolas; en esta cobertura a pesar que se encontraron especies que causan impactos positivos en los ecosistemas por la función ecológica que desarrollan, se estimaron como especies poco frecuentes y raras, ya que sus poblaciones son poco abundantes lo que las hace un grupo focal para el monitoreo de la densidad de sus poblaciones y en especial de esta cobertura que está en proceso de sucesión secundaria con estratos de vegetación rasante y herbácea como Poaceae, Melastomataceae, Helechos, y Moraceae con vegetación pionera que sirve de hábitat de organismos que empiezan a colonizar este ecosistema proceso que se puede tomar como base para la creación de propuestas de restauración y conservación.

---

<sup>90</sup> AGUILAR, Mauricio y RAMIREZ, Wilson. Monitoreo a Procesos de Restauración Ecológica Aplicado a Ecosistemas Terrestres. Op Cit., p.192.

<sup>91</sup> ORTIZ, Claudia y FERNANDEZ, Fernando. Hormigas Del Genero Dolichoderus Lund (formicidae Dolichoderinae) En Colombia. Monografías de Fauna de Colombia. 3 edición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, 2011. p.118.

**Gráfica 14.** Curva rango abundancia - especies de Formícidos cobertura vegetal bosque asociada a la Quebrada Renacer - con abundancia en términos relativos



Fuente: Construcción propia

Teniendo en cuenta los valores obtenidos con los estimadores de riqueza, diversidad y equidad esta cobertura vegetal tiene mayor diversidad que el resto de las coberturas vegetales debido a que tiene diferentes estratos arbóreos y lleva más tiempo de recuperación. Por lo tanto, proporciona mayor cantidad de hábitats, oferta alimenticia, diversificación de nichos, mayor interacciones intraespecíficas e interespecíficas.

En relación con el perfil de rango abundancia de especies indicadoras en esta cobertura la especie *Labidus coecus* tiene una abundancia relativa del 0,33 del valor total para esta cobertura es la más abundante de todas las especies

registradas en el bosque “es una hormiga benéfica depredadora de insectos plaga y de otras especies de hormigas.”<sup>92</sup>

En otros estudios la reportan como hormiga benéfica controladora natural de la especie *Atta cephalotes*<sup>93</sup> y también de la colonia de *solenopsis geminata* a la que obligan a escapar del ataque, Harris Richard y Berry Jo<sup>94</sup> aseguran que la dieta de *Labidus Coecus* se basa en pequeños artrópodos, mamíferos pequeños y pequeñas aves que atacan en su nido. La presencia de esta especie en esta cobertura vegetal es posible porque tiene más oferta alimenticia que en el rastrojo y el cultivo; Guerrero Roberto *et al*<sup>95</sup> donde aseguran que esta “especie es dominante y esa dominancia se encuentra mediada por el hábitat que puede estar ocupando como la hojarasca o el estrato de forrajeo, otro factor relevante es su comportamiento nómada, además sus colonias abarcan grandes áreas de forrajeo” lo que demuestra la importancia de su nicho ecológico en el presente bosque.

Al igual que *Linepithema piliferum* en la segunda posición en el perfil de rango abundancia con el 0,13 de abundancia relativa la cual fue abundante en rastrojo y cultivo con indicación negativa además de ser frecuente en todo los esfuerzos de muestreo. *Linepithema piliferum* sigue siendo muy abundante y la especie más dominante en todas las tres zonas de estudio con esto se indica que su rango de distribución y peso ecológico en la cobertura es muy amplio por lo que

---

<sup>92</sup> VARGAS, German, et al. Reconocimiento de Enemigos Naturales de la Hormiga Loca, *Paratrechina Fulva* (hymenoptera: Formicidae), en el municipio de El Colegio, Cundinamarca y en el Valle del Rio Cauca. En: Revista Colombiana De Entomología. 2004. Vol. 30. No. 2., p. 228.

<sup>93</sup>CHACÓN, Patricia. Biología e Impacto de las Hormigas. En: Palmas. 1994. Vol. 15. No. 4., p. 27

<sup>94</sup> HARRIS, Richard y BERRY, Jo. Invasive Ant Threat *Labidus Coecus*. [PDF]. Information Sheet Number 8. [Citado en 09 de 06 de 2018]. Disponible en internet: [https://www.landcareresearch.co.nz/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0012/51015/8.pdf](https://www.landcareresearch.co.nz/__data/assets/pdf_file/0012/51015/8.pdf). p.1

<sup>95</sup> GUERRERO, Roberto y SARMIENTO, Carlos. Distribución Altitudinal de Hormigas (*hymenoptera, Formicidae*) en la Vertiente Noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. En: Acta Zoológica Mexicana. 2010. Vol. 26. No. 2., p. 290.

se recomienda prestar atención a su abundancia ya que esta puede afectar y limitar la distribución de otras especies de formícidos propios de los sistemas boscosos y que se ven fácilmente afectadas por las situaciones de estrés así mismo como a otros taxones, afectando así la biodiversidad y los procesos de recuperación y restauración del bosque; para los procesos de restauración en áreas del bosque andino, Aguilar Mauricio y Ramirez Wilson<sup>96</sup> sugieren monitorear su abundancia y exponen algunas ventajas para realizar seguimiento a esta especie como la facilidad de muestreo e identificación, debido a que la presencia y frecuencia de aparición está relacionada con la calidad del hábitat y de la restauración del ecosistema.

Mientras que la especie *Atta cephalotes* se presentó solamente para esta cobertura con un 0,098 de abundancia relativa, Montoya Mavir<sup>97</sup> sugieren a esta especie como perjudicial para los sistemas productivos como los cultivos, además en ambientes urbanos en donde proporciona daños económicos debido a que esta especie nidifica en las construcciones urbanas y en campo es cortadora de hojas de plantas de importancia económica afectando el crecimiento de las plantas y considerándose como una especie plaga en ambientes disturbados.

Mientras que Montoya Mavir *et al*<sup>98</sup> afirman que su alta densidad en ecosistemas boscosos desarrollan procesos importantes en el suelo donde se encargan de mezclar el suelo transportando nutrientes minerales del subsuelo hacia la superficie que son aprovechadas por la vegetación, también modulan la disponibilidad de recursos para otras especies mediante el cambio del estado

---

<sup>96</sup> AGUILAR, Mauricio y RAMIREZ, Wilson. Monitoreo a Procesos de Restauración Ecológica Aplicado a Ecosistemas Terrestres Op Cit., p.114.

<sup>97</sup> MONTOYA, Mavir, et al. Cómo Responde La Hormiga Cortadora de Hojas *Atta Cephalotes* (*hymenoptera: Myrmicinae*) A La Remoción Mecánica De Sus Nidos. En: Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 2007. Vol. 8. No. 2., p. 2.

<sup>98</sup> MONTOYA, James, CHACÓN, patricia y MANZANO, María. Caracterización de Nidos de la Hormiga Arriera *Atta Cephalotes* (*hymenoptera: Myrmicinae*) En Cali, Colombia. En: Revista Colombiana De Entomología. 2006. Vol. 32. No. 2., p. 2.

físico de los materiales bióticos y a abióticos. Su presencia en el bosque por lo tanto es benéfica si los registros de la densidad poblacional se encuentran bajo monitoreo y control, que es posible si se minimizan los disturbios a esta cobertura como la tala de árboles que genera claros de bosque donde crece vegetación que atrae más fácilmente a *Atta cephalotes* y monitoreando las especies indicadoras de hormigas y otros taxones que puedan controlar biológicamente su densidad poblacional. Durante la fase de campo se encontró forrajeando en el bosque en donde tuvo preferencia por el roble (*Quercus humboldtii*) y en pequeños parches en donde se observó disturbios como la tala de vegetación y claros naturales, además se determinó que su colonia se encontraba fuera del Jardín Botánico de Popayán y que esta cobertura era un sitio que utilizaba únicamente para forrajear, su presencia puede ser negativa para el campus universitario si su distribución se traspasa a otras coberturas como los cultivos y las zonas en recuperación secundaria que se encuentran en fase inicial, y si establece su colonia en la infraestructura, en donde ocasiona daños como se demostró en la investigación realizada por Montoya *et al.*<sup>99</sup>

La especie *Labidus praedator* se había reportado para la cobertura de cultivo aquí nuevamente aparece con una abundancia relativa del 0,094 su presencia en esta cobertura es benéfica por la importancia en la red trófica puesto que esta especie es depredadora indicadora de zonas de regeneración<sup>100</sup> le sigue la especie *Solenopsis geminata* que se registró para las tres coberturas vegetales, como se observa es una especie euri ya que ha soportado diversos factores limitantes dentro del jardín, por ello el éxito en la densidad de su población, según el perfil de rango abundancia dentro de las especies comunes se destaca la presencia de *Neoponera* sp propia de coberturas boscosas indicadora del buen estado de regeneración de ecosistemas, la cual es especialista cazadora.

---

<sup>99</sup> Montoya, James et al Op Cit.,

<sup>100</sup> CHACÓN, Patricia y ABADÍA, Juan C. Dos Décadas de Estudio de la Diversidad De Hormigas en Colombia. Op Cit., tabla 2s

el bosque posee más diversidad de hormigas benéficas para el control biológico de (*Atta Cephalotes*, *Linepithema piliferum* y *Solenopsis geminata*) como especies comunes se encuentra *Megalomyrmex* conocida como hormiga benéfica en el control biológico de *Atta cephalotes*<sup>101</sup> para la rareza de especies su abundancia relativa es muy cercanas las indicadores del estado de ecosistemas como *Camponotus novogranadensis* con 0,008, *Nesomyrmex echinatodis* con 0,004 *Camponotus simillimus indianus* con un valor de 0,002 *Myrmelachista reclusi* con representatividad del 0,002 ; con el mismo valor para *Procryptoceru* sp. Según Chacon Patricia<sup>102</sup> en Colombia se ha registrado esta especie en bosques secundarios y bosques de galería. Son especies que tienen rangos de tolerancia más bajos, que aparecen en este tipo de coberturas cuando las condiciones ecológicas son más estables, a pesar que en esta cobertura se registraron como especies raras, su presencia tiene nichos ecológicos relevantes en procesos de regeneración natural y al igual que las especies abundantes es necesario realizar monitoreos y censos a sus densidades poblacionales.

Aunque quizás su registro como especies raras se deba a que son especies cripticas que habitan en el dosel o también por las condiciones de estrés presente en esta cobertura como las mencionadas anteriormente, por lo que es factible que estas especies no sean comunes o abundantes, sin embargo, como se evidencio su densidad poblacional es baja debido a que el bosque y general el resto de coberturas asociadas a la Quebrada Renacer, son las que más impacto ecológico reciben del Jardín Botánico de Popayán, ya que es una zona muy frecuentada durante las visitas al jardín, además por las actividades agrícolas cercanas.

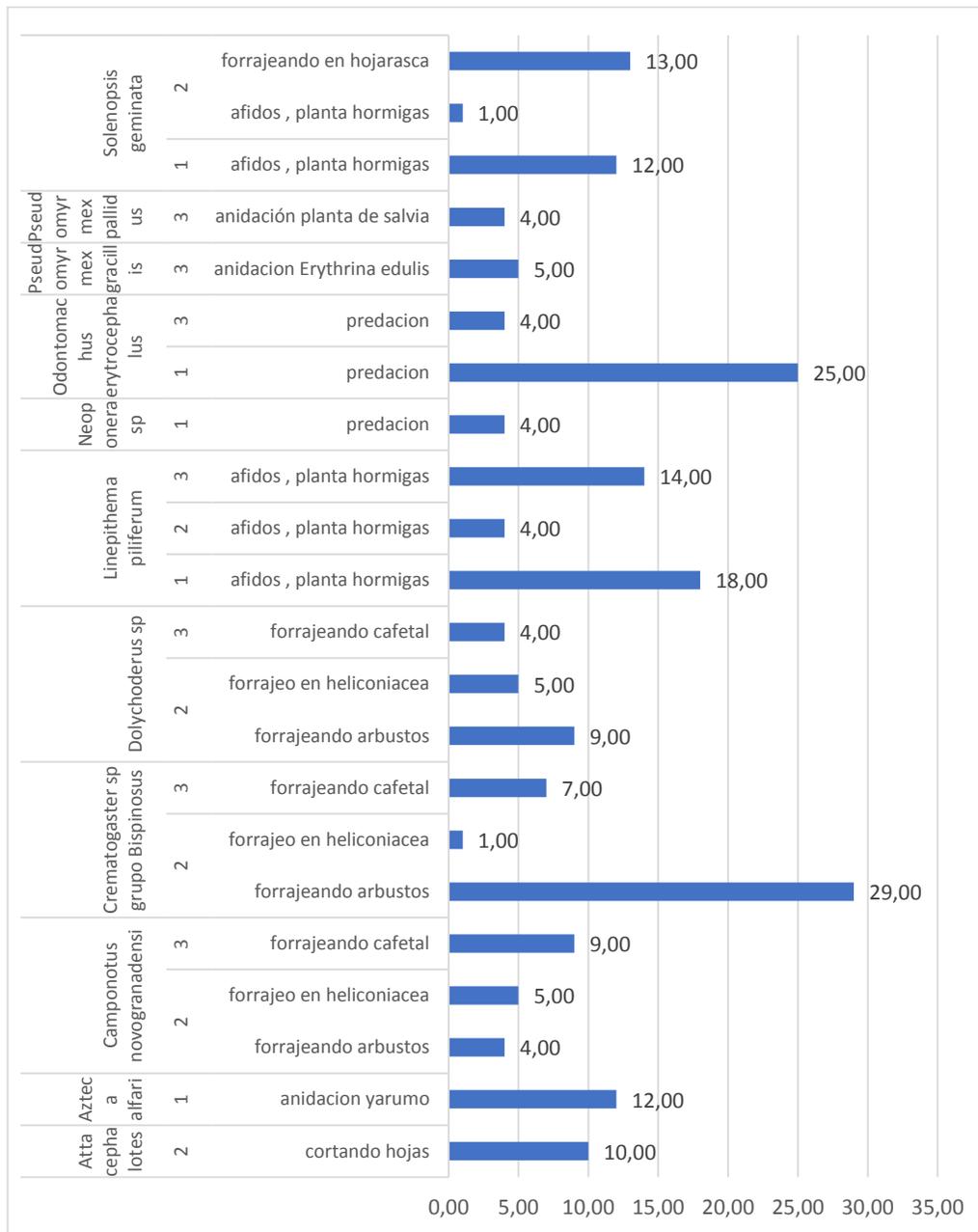
---

<sup>101</sup> CHACÓN, Patricia. Biología e Impacto de las Hormigas. Op Cit., p 27.

<sup>102</sup> CHACÓN, Patricia, et al. Hormigas (*hymenoptera: Formicidae*) del Bosque Seco Tropical (bs-t) de la Cuenca Alta del Río Cauca, Colombia. En: Biota Colombiana. Octubre, 2012. Vol. 13. No. 2., p. 176.

## 11.7 INTERACCIONES ECOLÓGICAS FORMÍCIDOS EN LAS COBERTURAS VEGETALES

**Gráfica 15.** Interacciones ecológicas Formicidae por coberturas vegetales



1. Rastrojo    2 bosque    3 cultivos

Fuente: Construcción propia

En la gráfica se muestran las interacciones ecológicas de las especies de la familia Formicidae, observadas en las tres coberturas vegetales asociadas a la Quebrada Renacer del Jardín Botánico de Popayán, la especie *solenopsis geminata* se observó en plantas asociada a áfidos en la cobertura rastrojo y en el bosque forrajeando en la hojarasca con un total de 13 observaciones. Mientras Vergara Erika<sup>103</sup> en el *arboretum* del campus de la Universidad Nacional encontró estableciendo relaciones con plantas y sustancias azucaradas libando en nectarios extra florales, además se registró como una especie dominante, asociada con *Planococcus citri* (Pseudococcidae).

En cuanto a la especie *Pseudomyrmex pallidus* presentó 4 observaciones anidando en plantas de *Salvia officinalis* al igual que la especie *Pseudomyrmex gracillis* que se encontró anidando directamente en la planta *Erythrina edulis* chachafruto de la cobertura de cultivo, con 5 observaciones. Toch Patricia<sup>104</sup> asegura que esta especie anida en una amplia gama de vegetación puesto que sus nidos pueden ubicarse en lo alto de los árboles, en hojas, hierbas y arbustos.

Le sigue la especie *Odonthomachus erythrocephalus* que se observó predando homópteros y hormigas en la cobertura rastrojo con 25 observaciones, su presencia y mayor frecuencia de observación es probable en esta cobertura debido a que es un espacio abierto sin vegetación arbórea; en el cafetal se observó anidando en la hojarasca de café, en los barrancos y los linderos, “Mientras que en el Quindío y el Valle del Cauca en muestreos

---

<sup>103</sup> VERGARA, Erika, ECHEVARRIA, Hernán y SERNA, Francisco. Hormigas (*hymenoptera Formicidae*) asociadas al *Arboretum* de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. En: Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa. 2007. Vol. 40. No. 1., p. 498.

<sup>104</sup> TOCH, Patricia. Elongate Twig Ant, Mexican Twig Ant (suggeste Common Names), *Pseudomyrmex Gracilis* (fabricius) (insecta: Hymenoptera: Formicidae: Pseudomyrmecinae University of Florida. En: Entomology And Nematology Department, University of Florida. Noviembre, 2010. No. 418., p.4.

realizados en pastizales sin árboles por Escobar Selene *et al* <sup>105</sup> se observaron transportando semillas de passiflora y siparuna en al menos dos eventos de remoción, además, se resalta la importancia de esta especie en la dispersión de semillas grandes”.

Otra especie perteneciente a la subfamilia Ponerinae presente es *Neoponera* sp que se registró en actividades de predación en la cobertura de bosque con 4 observaciones y la especie *Linepithema piliferum* que se observó en las tres coberturas vegetales asociadas a áfidos y herbáceas donde la mayor frecuencia ocurrió en el rastrojo con 18 observaciones y cultivo con 18 observaciones, según Piedra Gabriela y Latke Jhon.<sup>106</sup> Esta es una especie omnívora criptica, dominante de ambientes perturbados.

Seguidamente se encuentra la especie *Dolychoderus* sp que se registró interactuando en la cobertura bosque forrajeando sobre ejemplares de la familia *Heliconiaceae* con 5 observaciones y en arbustos 9 observaciones y forrajeando en el cafetal con 4 observaciones, la mayor observación se reporta para la especie *Crematogaster* sp forrajeando en arbustos en la cobertura vegetal bosque 30 observaciones sobre arbustos y heliconias y en el café con 7 observaciones. Según Mera Yamid *et al.* <sup>107</sup>En cafetales con sombra se evidencio esta especie interactuando con géneros de *Coccidae*, *Saissetia coffeae*, *Aphididae* sp, *Membracidae*, *Cicadellidae* sp, *Carabidae* sp, *Membracidae* sp, *Pseudococcidae* sp ejecutando relaciones de mutualismo y comensalismo otra de las especies registradas es *Camponotus*

---

<sup>105</sup> ESCOBAR, Selene; AMBRECH, Inge y CALLE, Zoraida. Transporte de semillas por hormigas en bosques y agro ecosistemas, Agroecología 2: 65-74, enero 2007. Universidad del Valle, Departamento de Biología, Fundación CIPAV, Área de Restauración Ecológica y Agroecología ganaderos de los Andes Colombianos. p.69.

<sup>106</sup> CAMPOVERDE, Gabriela; LATKE, Jhon y SANTIN, Jaime. Patrones de Diversidad de Hormigas en el Bosque Nublado de las Reservas Arcoiris y el Madrigal. En: Bosques Latitud Cero, Universidad Nacional De Loja Ecuador. Diciembre, 2016. Vol. 6. No. 2., p.23.

<sup>107</sup> MERA Y GALLEGO. Op Cit., p.117.

*novogranadensis* que se evidenció forrajeando en el cafetal con 9 observaciones y en la cobertura de bosque forrajeando sobre plantas de la familia *Heliconiaceae* y en arbustos.

Mera Yamid *et al.*<sup>108</sup> también registraron especies pertenecientes al género *Camponotus* interactuando con individuos pertenecientes a la familia *Curculionidae* (*Hypothenemus hampei*) *Forficulidae* sp, *Blattellidae* sp *Pseudococcidae* (*Coccus viridis*) con relaciones de mutualismo y comensalismo; otra interacción que se estableció en el presente estudio es la relación de la especie *Azteca alfari* y (*Cecropia angustifolia*) yarumo, con 12 observaciones anidando sobre el tronco y las hojas, el yarumo según Dirzo Rodolfo<sup>109</sup> es una planta mirmecofita que se distribuye en el neotrópico asociada a hormigas del género *Azteca* las cuales defienden las plantas de *Cecropia* contra herbívoros debido a que la planta les suministra refugio en sus tallos huecos y alimento para la colonia, estableciendo una relación mutualista generalizada denominada mirmecofilia. Esta relación se observó en la cobertura rastrojo y en el cultivo en árboles de (*Persea americana*) aguacate donde también se encontraba anidando y forrajeando en las plantas de café, como se describió con anterioridad también defiende el café de plagas como la broca.

Finalmente, la especie *Atta cephalotes* la cual se encontró cortando y transportando hojas de la especie *Quercus humboldtii* en estado arbustivo y adulto de la cobertura de bosque, Farji Brener, citado en *el libro cortadoras de hojas de Colombia* ”<sup>110</sup> considera que las cortadoras eligen las hojas

---

<sup>108</sup> MERA Y GALLEGO Op Cit., p 118.

<sup>109</sup> DIRZO, Rodolfo. Myrmecophily Is A Widespread Mutualistic Relationship In The Plant Kingdom. In This Mutualism The Associated Ants Receive Rewards In Terms Of Lodging, Food Or Both, And The Plants Are Defended Against Herbivores. En: *Plant Ecology*. Abril, 2002. No. 169., p.35.

<sup>110</sup> FARJI, Brener. Citado en *Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: Acromyrmex & Atta* (Hymenoptera) p.161.

pioneras en la sucesión del bosque por su bajo nivel de defensas químicas y el alto contenido de nutrientes debido a que la alta disponibilidad de especies pioneras disminuye el costo energético en la búsqueda de plantas palatales” lo que explica por qué los hábitats sucesionales tempranos soportan mayor número de colonias de hormigas puesto que la intervención antrópica con el corte de árboles, expansión de caminos y establecimiento de parcelas para investigación, ocasionan claros de bosque donde se ha logrado establecer esta especie aprovechando las especies vegetales en crecimiento “la hormiga arriera no limita sus actividades a alguna planta en particular, sino que ataca muchas plantas cuyo follaje, peciolos, flores y epicarpio les sirven de medio para cultivar el hongo mutualista”.<sup>111</sup> Que es cultivado en el interior de la colonia en jardines hechos con pedazos pequeños de hojas, cortados y transportados por las obreras, la hormiga contribuye al crecimiento del jardín del hongo triturando la hoja y agregando exudaciones labiales y anales que contienen enzimas digestivas, esta actividad genera impactos positivos y negativos para los ecosistemas donde esta especie habita, según Montoya James *et al.*<sup>112</sup> una de las impactos positivos es la remoción de tierra, consecuencia de las excavaciones en el suelo, así como el incremento de los niveles de N, P, K, Mg, Ca, Na, humedad y materia orgánica, se conoce que en ambientes naturales los arboles crecen perfectamente en los nidos abandonados por esta especie aprovechando sus nutrientes.

---

<sup>111</sup> SERNA, CORREA y MONTOYA. citado en Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: *Acromyrmex & Atta (Hymenoptera): Formicidae*.p.171 – 172.

<sup>112</sup> MONTOYA, James; CHACÓN, Patricia y MANZANO, María. Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes (Hymenoptera: Myrmicinae)* en Cali. Op Cit., p.152.

## 12. CONCLUSIONES

Se encontraron un total de 6 subfamilias de hormigas de las cuales la subfamilia *Myrmicinae* y *Dolychonerinae*, fueron las más diversas y abundantes, en las coberturas vegetales estudiadas y también en el neotrópico, adicionalmente se presenta un total de 17 géneros entre los más representativos por su diversidad abundancia son *Solenopsis*, *Pheidole* y *Linepithema* que también están bien representados a nivel global y en el neotrópico.

Se registraron un total de 29 especies en las tres coberturas vegetales que es un valor cercano a los que predijeron los estimadores Jackknife de 1 y 2 orden y bootstrap en la curva de acumulación de especies que alcanzó en general una eficiencia de muestreo entre el 86 % y 91 % de la completitud, demostrando que el esfuerzo de muestreo fue eficiente.

Según los índices de Shannon, Margalef y Simpson, la cobertura vegetal **bosque** tiene una diversidad normal, sin embargo esta diversidad es mayor que las coberturas rastrojo y cultivo, posiblemente porque posee mayor heterogeneidad vegetal; la cobertura **cultivo** según el índice de Simpson presenta dominancia de especies esto quiere decir que las especies de hormigas que tiene no se encuentran distribuidas equitativamente en esta cobertura, mientras que el **rastrojo** según Margalef tiene menor riqueza que el cultivo pero según Simpson las especies se encuentran mejor distribuidas en rastrojo y de acuerdo a Shannon es ligeramente una décima más diverso que el cultivo ; según el índice de Jaccard cultivo y rastrojo tienen mayor similitud en comparación con el bosque.

Se estimaron un total de 7 especies y 2 géneros de formícidos, indicadoras de perturbación y daños en los ecosistemas, que según el perfil de rango abundancia e importancia ecológica son abundantes en las tres coberturas vegetales (cultivo, bosque y rastrojo) estas especies son *Linepithema piliferum*, *Solenopsis geminata*, y las morfo especies pertenecientes al género *Pheidole*

además de *Odontomachus eryrocephalus* exclusiva de cultivo y rastrojo, que son consideradas plagas en los ecosistemas y la especie *Labidus coecus* que indican que estas coberturas se encuentran perturbadas

Mientras que las especies indicadoras del buen estado del ecosistema son poco abundantes y raras, como las morfo especies pertenecientes al género *Camponotus*, la especie *Myrmelachista reclusi*, *Neoponera* sp y *Procryptocerus* sp.

Las interacciones de mayor frecuencia fueron las de la especie *Crematogaster* sp, forrajera sobre hojas de la familia *Heliconiaceae* y arbustos en la cobertura vegetal bosque y en el cultivo forrajera sobre las plantas de café, otra especie importante fue la especie *Azteca alfari* con asociaciones mutualistas con la especie vegetal *Cecropia angustifolia*, la cual le brinda hospedaje a las hormigas mientras estas le corresponden con protección de insectos y defoliadores a la planta ; *Atta cephalotes*, se observó cortando y transportando hojas de roble en la cobertura vegetal bosque, aunque fue difícil establecer la ubicación de la colonia dentro de esta cobertura ya que estaba instalada fuera de los predios de la universidad, o en otra cobertura vegetal dentro del jardín que no corresponde precisamente al área foco de este estudio.

### 13. RECOMENDACIONES

Este estudio es una herramienta apropiada en la determinación de los impactos ocasionados por actividades antropogénicas dentro del jardín por lo que se sugiere replicarlo a las diferentes coberturas vegetales de todo el Jardín Botánico de Popayán, con un esfuerzo de muestreo mayor y a largo plazo en el que se esté monitoreando la presencia y abundancia de las especies de hormigas con biondicación negativa y positiva y así conocer las alteraciones ecológicas y ambientales que ocurren dentro del jardín, puesto que este grupo biológico es fácil de estudiar, además son útiles para la biondicación ecológica de los estados de los ecosistemas, en este caso de las coberturas vegetales bosque, cultivo y rastrojo del que ya se obtuvo un diagnóstico y se puede proceder a instaurar estrategias para la restauración y conservación.

Realizar monitoreo a la abundancia y distribución dentro del jardín de las especies que pueden ser plaga potencial para las coberturas vegetales y que pueden afectar y desplazar otro tipo de organismos como las especies plaga *Linepithema piliferum*, *Solenopsis geminata*, *Odontomachus erythrocephalus*, así mismo, realizar estudios a nivel poblacional de estas especies, al igual que las especies que tienen funciones positivas dentro de estas coberturas.

La zona asociada a la Quebrada Renacer es la más intervenida debido a actividades con fines ecoturísticos, investigación y actividades agrícolas, por lo que se recomienda tener en cuenta la capacidad de carga que puede soportar esta zona y amplificar por ejemplo las áreas de investigación y ecoturismo a otras zonas del jardín botánico, mientras esta puede ser recuperada naturalmente; pues se observa y así lo ratifican las hormigas indicadoras que se encuentra perturbada mayormente por actividades de origen antrópico.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Mauricio y RAMIREZ, Wilson. Monitoreo a Procesos de Restauración Ecológica Aplicado a Ecosistemas Terrestres. Hormigas en el Monitoreo de la Restauración Ecológica. 1 ed. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2015. 250 p.

AKTAC, Nihat ; KIRAN, Kadri and KARAMAN Celal. Ants of the genus *Camponotus* Mayr, 1861 (*Hymenoptera: Formicidae*) in the Kaz Mountains, Turkey, with descriptions of sexuals of *Camponotus candiotes* Emery, 1894 and *Camponotus ionius* Emery, University, Department of Biology Faculty of ants and sciencies. Trakya. 1922. Turkey : 2011. Vol. 2, 35.

ANTWIKI, Antwiki Provides A Wealth Of Information On The World's Ants.[EN LINEA]. 11 julio 2018. [Citado en 13 de agosto de 2018]. Disponible en internet: [http://www.antwiki.org/wiki/Welcome\\_to\\_AntWiki](http://www.antwiki.org/wiki/Welcome_to_AntWiki)

ANTWIKI. Myrmicinae. [En línea] [Citado el: 07 de junio de 2018.] disponible en línea <http://www.antwiki.org/wiki/Myrmicinae>.

ARCILLA, A. y LOZANO, Zambrano. Hormigas como herramienta para la bioindicación y el monitoreo. En FERNÁNDEZ, Fernando. Introducción a las Hormigas de la región neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2003. p.159-166.

ARENAS, Andersson; CORREDOR, German y AMBRECHT, Inge. Hormigas y Carábidos en Cuatro Ambientes del Piedemonte del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología. Enero-junio, 2015. Vol. 41. No. 1., p.120-125.

ASOCIACIÓN IBÉRICA DE MIRMECOLOGÍA, Breve Introducción al Mundo de las Hormigas. [EN LINEA]. [Citado en 18 de abril de 2017]. Disponible en internet: <http://www.mirmiberica.org/files/educativo/IntroduccionHormigas.pdf>

BACARO, Fabricio y FEITOSA, Rodrigo et al .Guía Para Os Generos De Formigas Do Brasil. 1 ed. Manaus. Inpa, 2015.p.388.

BAMBAGUE Carolina y ARBOLEDA Older. Zonificación y análisis ecológico de las unidades de paisaje mediante la aplicación de los sistemas de información geográfica, en el campus universitario, vereda Los Robles, Municipio Timbío, Cauca. 2017

BARBERA, Nadiejda, et al. Diversidad de Especies de Hormigas en un Gradiente de Cafetales Orgánicos y Convencionales. En: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 2004. No. 72., p.60-71.

BARRIENTOS, Roberto y LEIRANA, Jorge. Métodos Gráficos para la Exploración de Patrones de Diversidad en Ecología. En: Bioagrocencias. Julio-diciembre, 2016. Vol. 9. No. 2., p.11-18.

BARRIENTOS, Roberto y LEIRANA, Jorge. Métodos Gráficos para la Exploración de Patrones de Diversidad en Ecología. En: Bioagrocencias. Julio-diciembre, 2016. Vol. 9. No. 2., p.11-18.

BRADY, Sean, et al. The rise of army ants and their relatives diversification of specialized predatory doryline ants [prod.] BMC Evolutionary Biology. 2014

CAMPOVERDE, Gabriela; LATKE, Jhon y SANTIN, Jaime. Patrones de Diversidad de Hormigas en el Bosque Nublado de las Reservas Arcoíris y el Madrigal. En: Bosques Latitud Cero, Universidad Nacional de Loja Ecuador. Diciembre, 2016. Vol. 6. No. 2., p.16-31.

CARRASCAL, L. y PALOMINO, D. Rareza, Estatus de Conservación y sus Determinantes Ecológicos. Revisión de su Aplicación a Escala Regional. En: Graellsia, 2006. Vol. 62. No. Extraordinario. p. 523-436.

CASTRO, Julián. Recuento sistemático y algunos aportes ecológicos de los murciélagos existentes en el Jardín Botánico de Popayán. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán. Popayán, Colombia. 2000. p.96.

CHACÓN, Patricia; RODRÍGUEZ, E. y LAVELLE, P. Soil ants as indicators of provision of ecosystem services in production system of the Eastern plains of Colombia. En: XVI Congreso colombiano de la ciencia del suelo "La Ciencia del Suelo al Servicio de la Sociedad y del Ambiente". Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. Ríohacha, Colombia. 2012. p.611.

CHACÓN, Patricia. Biología e Impacto de las Hormigas. En: Palmas. 1994. Vol. 15. No. 4., p.25-30.

CHACÓN, Patricia. Hormigas urbanas. En FERNÁNDEZ Fernando (Ed.). Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical. Capítulo 20, Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt- Bogotá, Colombia: 2003. P.351-352.

CHACÓN, Patricia y ABADÍA, Juan C. Dos Décadas de Estudio de la Diversidad De Hormigas en Colombia. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Abril, 2014. Vol. 38. No. 148., p.250-260.

CHACÓN, Patricia, et al. Hormigas (*hymenoptera: Formicidae*) Del Bosque Seco Tropical (bs-t) de la Cuenca Alta del Río Cauca, Colombia. En: Biota Colombiana. Octubre, 2012. Vol. 13. No. 2., p.165-181.

CHAO, Ane. CHAZDON, Robín. COLWELL, Robert. y TSUNG, Jen Shen. Un Nuevo Método Estadístico para la Evaluación de la Similitud en la Composición de Especies con Datos de Incidencia y Abundancia. En: Sobre Diversidad Biológica: El Significado de las Diversidades Alfa, Beta Y Gamma. Noviembre, 2005. Vol. 4. No. capítulo 7. p.85-96.

CHILITO, Gerardo. Distribución y abundancia de líquenes cortícolas, bajo influencia de condiciones micro climáticas en el Jardín Botánico de Popayán, departamento del Cauca. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Actualización Política Nacional Biodiversidad 1996. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. Documentos Mina ambiente. Bogotá, 2014. p. 1-134.

CUEZO, Fabiana. Subfamilia Dolychoderinae. [aut. libro] Fernando FERNANDEZ. [ed.] Instituto de investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humbolt. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá : 2003.p. 398.

DIRZO, Rodolfo. Myrmecophily Is A Widespread Mutualistic Relationship In The Plant Kingdom. In This Mutualism The Associated Ants Receive Rewards In Terms Of Lodging, Food Or Both, And The Plants Are Defended Against Herbivores. En: Plant Ecology. Abril, 2002. No. 169., p.35-41. Disponible en < <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.10.003>>

DOMINGUEZ, Carmen. Diversidad de Hormigas en Remanentes de Vegetación Afectado por el Ganado y Propuesta de Algunas Medidas de Rehabilitación (cuenca Del Rio Cesar Colombia). Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas. Alcalá: Universidad Del Alcalá. 2011. 45p.

ESCALANTE, Tania. ¿Cuántas Especies Hay? Los Estimadores No Paramétricos De Chao. En: Elementos Ciencia y Cultura. 2003. No. 052., p.53-56.

ESCÁRRAGA, Mayron y GUERRERO Roberto. The ant genus *Linepithema* (Formicidae: Dolychoderinae) in Colombia <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4208.5.3><http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:69728BA3-6562-43A0-9A8F-6DCF61817BD1> Zootaxa 4208 (5): 446–458 <http://www.mapress.com/j/zt/>

ESCOBAR, Selene, AMBRECH, Inge y CALLE, Zoraida. Transporte de semillas por hormigas en bosques y agro ecosistemas, Agroecología 2: 65-74, enero 2007 Universidad del Valle, Departamento de Biología, Fundación CIPAV, Área de

Restauración Ecológica y Agroecología ganaderos de los Andes Colombianos. p.69.

FARFAN, Edixon. Diversidad de Hormigas (hymenoptera: Formicidae) Asociada a un Gradiente Altitudinal en el Sector Cerro El Tigre. Parque Nacional Yurubí. Estado Yaracuy, Venezuela. Requisito para optar al título de Licenciado En Biología. Bárbula: Universidad De Carabobo Facultad Experimental De Ciencias y Tecnología Departamento De Biología. 2014. p.114.

FARJI, Brener. Citado en Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: *Acromyrmex & Atta (Hymenoptera)* p. 161

FUSTER, Andrea. Hormigas (himenóptera: Formicidae), Indicadoras de Perturbación en Ecosistemas Forestales del Chaco Semiárido Argentino. Trabajo de grado para optar al título de Biología. Argentina. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 2010. p.69

GALLEGO, María Cristina; MONTOYA, James y AMBRECHT Inge. ¿Es la sombra benéfica para la diversidad de hormigas y peso del café? Una Experiencia en Pescador, Cauca, Colombia. En: Boletín Científico Centro de Historia Museo Natural. Diciembre, 2009. Vol. 13. No. 2., p.106-116.

GRAHAM, Jhon. *Et al*, Species richness, equitability and abundance of ants in disturbed landscapes, ecological indicators Vo 9., No 5, septiembre 2009. P. 886-887.

GUERRERO, Roberto y SARMIENTO, Carlos. Distribución Altitudinal de Hormigas (hymenoptera, Formicidae) en la Vertiente Noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). En: Acta Zoológica Mexicana. 2010. Vol. 26. No. 2., p.279-302.

GUETIO, Fabián y SOLARTE, Daniel. Diversidad florística en el área de la corriente "WETTU" como elemento para la identificación de bancos de germoplasma "in situ" en el Jardín Botánico de Popayán. Popayán, Cauca. Trabajo de grado para optar al título de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia. 2000

HARRIETT, Subas y HESSLER, Edward. Investigando a las hormigas: proyectos para mentes curiosas. Tradumont. Obtenido de <http://www.tradumot.com>. (12 febrero 2017)

HARRIS, Richard. y BERRY, Jo. Invasive Ant Threat *Labiidus Coecus*. [PDF]. Information Sheet Number 8. [Citado en 09 de 06 de 2018]. Disponible en internet:  
[https://www.landcareresearch.co.nz/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0012/51015/8.pdf](https://www.landcareresearch.co.nz/__data/assets/pdf_file/0012/51015/8.pdf).  
p.4

HOLDOBLER, Bert and WILSON, Owen. *The ants*. [ed.] Harvard University Press. Massachusetts. : s.n., 1990.

IDROBO, Julieth Y PERALTA Liceth. Dispersión de semillas por murciélagos filostómidos (Phyllostomidae – Chiroptera) pertenecientes a las Subfamilias Carollinae, Stenodermatinae y Phyllostominae en la hacienda Los Robles, Fundación Universitaria de Popayán, vereda Sachacoco, municipio de Timbío, Cauca, Colombia. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia. 2015.p.

JAFFÉ Klaus; LATTKE John y PEREZ Eduardo, El mundo de las hormigas. Equinoccio Ediciones, Universidad Simón Bolívar, Caracas, 1993., p.196.

KASPARI, M. Introducción a la ecología de las hormigas. En FERNÁNDEZ, Fernando. Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 2003. p.97-112.

KLOTZ, John; HANSEN, Laurel y REID, Byron and KLOTZ Stephen. Las hormigas carpinteras [ed.] JOHN RICHARD SCHROCK. 4, Kansas: July de 1999, EMPORIA STATE UNIVERSITY, Vol. 45, p.1.

LATTKE, Jhon. Biogeografía de las hormigas neotropicales. En FERNÁNDEZ Fernando (Ed.). Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical, Instituto de investigación Alexander Von Humboldt- Bogotá, Colombia: 2003. p. 75-85.

LOPEZ, Mery. Diversidad de Algas Perifíticas en la Quebrada de Chapal. En: Revista Criterios. Abril, 2010. No. 25., p. 1 – 134.

MARGALEF citado por LÓPEZ, Mery en Revista criterios, diversidad de algas perifitas, centro de publicaciones e investigaciones universidad Mariana, 9 de abril de 2010.p. 112

MARTÍNEZ, Ricardo. Hormigas asociadas a los árboles de sombrero en cafetales de Quipile, Cundinamarca, Colombia. Requisito para optar al título de Biólogo. Bogotá: Universidad INCCA de Colombia, 2012. p.30.

MEDINA, María. (1997). Estructura de la comunidad de Arañas Tejedoras asociadas a tres tipos de hábitat en la sede campestre de la Fundación Universitaria de Popayán. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología. Fundación Universitaria de Popayán, Popayán, Colombia.

MERA, Yamid y GALLEGU, Cristina. Interacciones entre Hormigas e Insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca - Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología. 2010. Vol. 1. No. 36., p.116-126.

MESA, Sandra, (2017). Lineamientos para el plan de manejo de las colecciones biológicas *ex situ* del Jardín Botánico de Popayán, en el campus Los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán, municipio de Timbío – Cauca. Tesis de pregrado para optar al título de Ecología.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Bogotá, D.C., Colombia. 2014.101 p

MONTOYA, James; CHACÓN, Patricia y MANZANO, María. Caracterización de Nidos de la Hormiga Arriera *Atta Cephalotes (hymenoptera: Myrmicinae)* En Cali, Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología. 2006. Vol. 32. No. 2., p.151-156.

MONTOYA, Mavir, et al. Cómo Responde la Hormiga Cortadora de Hojas *Atta Cephalotes (hymenoptera: Myrmicinae)* a la Remoción Mecánica de sus Nidos. En: Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 2007. Vol. 8. No. 2., p.1-8.

MORALES Nafer. ¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Leticia, Colombia.2011. p. 64.

MORENO, Claudia. Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza. P.88.

OCTAVIO, German. LOPEZ, Riquelme. y RAMON Fidel, El Mundo Feliz de las Hormigas. En: Revista Especializada en Ciencias Químico Biológicas. Mayo, 2010. Vol. 1. No. 13., p.35-48.

OLAYA, Andrea. RIVERA Adriana y RODRÍGUEZ, Claudia (eds.) Plan Nacional de Colecciones para los Jardines Botánicos de Colombia. Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia & Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 2002. 41.p

ORTIZ, Claudia. y FERNANDEZ, Fernando. Hormigas del Género *Dolichoderus Lund (formicidae Dolichoderinae)* En Colombia. Monografías De Fauna de Colombia 3 ed. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Naturales, instituto De Ciencias Naturales, 2011. 118 p.

PARRA, Carlos y DÍAZ, Santiago. Herbarios y Jardines Botánicos: Testimonios de nuestra Biodiversidad, Primera edición. Bogotá: Universidad Nacional de

Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2016. p.116.

PINEDA, Juan. QUIROZ, Enrique. Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados y estimación de la calidad del agua de las lagunas de Chingaza, Del Medio y El Arnical en El Parque Nacional Natural Chingaza. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental. Universidad Santo Tomas, Facultad de Ingeniería Ambiental, 2015.p.116.

ROJAS, Patricia. Las Hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae) Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 2001.p.189-238.

RAMIREZ, Mónica. CHACON, Patricia. ARMBRECHT, Inge y CALLE, Zoraida. Hormigas y homópteros en bosques secos de Colombia. Revista Caldasia N° 23 vol. 2.p.523-536.

RUDAS, Marcelo. ARMENTERAS D. RODRIGUEZ, N. MORALES, M. DELGADO, L. y SARMIENTO A. Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2007. p.128.

SANCHEZ, Juan David. CARDONA, Juliana. WOLF, Marta y GUTIERREZ, Carlos Hormigas indicadoras de la restauración de bosques montanos cercanos al Valle de Aburrá, Colombia. En: GUTIERREZ, Carlos y OSORIO, Fernando (eds). Más Bosques para Medellín. Sembrando árboles para la vida. Alcaldía de Medellín, Fundación CIPAV y ECOPETROL. Medellín, Colombia.2014. p.16-116.

SINISTERRA, Rosa; GALLEGRO, María y ARMBRECHT, Inge. Hormigas asociadas a nectarios extra florales de árboles de dos especies de Inga en cafetales de Cauca, Colombia Acta Agronómica. (2016) 65 (1) p 9-15 doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n1.47167>

SMITH, Tomas y SMITH, Robert. Ecología. Ecología Biogeográfica. 6 ed. Madrid. Pearson Educación, 2007.p. 776.

THERBURG, Almut; D'INCA, Verónica y LOPEZ, Mariela. Modelo de indicadores ambientales, observatorio ambiental. 2005. vol.1. No.3., p.1.

TOCH, Patricia. Elongate Twig Ant, Mexican Twig Ant (suggeste Common Names), Pseudomyrmes Gracillis (fabricius) (insecta: Hymenoptera: Formicidae: Pseudomyrmecinae University of Florida. En: Entomology And Nematology Department, University of Florida. Noviembre, 2010. No. 418., p.1-5.

ULLOA, Patricia y ABADÍA, Juan. Dos Décadas de Estudio de la Diversidad de Hormigas En Colombia. En: Ciencias Naturales. Julio- septiembre, 1958. Vol. 38. No. 148., p.250-60.

VALENZUELA, Jorge, et al. Hormigas (Insecta: *Hymenoptera: Formicidae*) Agro ecosistemas cafetaleros de Veracruz, capítulo 8. p 107- 121.

VANEGAS, Andrés. Efecto de la Complejidad el Hábitat en la Composición de la Comunidad de Hormigas en Bosques Premontanos en el área de Influencia de la Central Hidroeléctrica Porce II. Tesis de Grado presentada como Requisito parcial para optar al Título de Magíster en Ciencias. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 2010. p 84.

VARGAS, German et al. Reconocimiento de Enemigos Naturales de la Hormiga Loca, *Paratrechina Fulva* (hymenoptera: Formicidae), en el municipio de El Colegio, Cundinamarca y en el Valle del Rio Cauca. En: Revista Colombiana de Entomología. 2004. Vol. 30. No. 2., p.225-232.

VELEZ, Moisés; ASTUDILLO, Alex y POSADA Francisco. Depredación de *Hypothenemus Hampei* por Hormigas durante el Secado Solar del Café. En: Cenicafé. 2007. Vol. 57. No. 3., p.198-207.

VERGARA, Erika; ECHEVARRIA, Hernán y SERNA, Francisco. Hormigas (*hymenoptera Formicidae*) Asociadas al *Arboretum* de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. En: Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa. 2007. Vol. 40. No. 1., p.497-505.

YARA, Claudia y REINOSO, Gladys. Hormigas cazadoras (Ectatomminae y Ponerinae) en fragmentos de bosque seco y sus matrices. Tolima: 2012, Revista Colombiana de Entomología, Vol. (2) No 38 .p.329-337.

## 14. ANEXOS



*Atta cephalotes*



*Azteca alfari*



*Cyphomyrmex Grupo rimosus*



*Labidus coecus*



*Labidus praedator*



*Linepithema pilliferum*



*Megalomyrmex sp*



*Pseudomyrmex pallidus*



*Neoponera sp*



*Odontomachus erythrocephalus*



*Pseudomyrmex gracillis*



*Solenopsis geminata*

## GLOSARIO

**MIRMECOFILIA:** desarrollo de relaciones mutualistas entre plantas y hormigas, incluye interacciones diversas como el cultivo de jardines epífitos por parte de hormigas y la dispersión de semillas de varias especies de plantas, tradicionalmente se refiere a la interacción defensiva, anti-herbívoro, por parte de hormigas, las cuales son recompensadas por las plantas a través de la producción de alimento y/o sitios de albergue.

**VEGETACIÓN RUDERAL:** las plantas ruderales son las que aparecen en hábitats muy alterados por la acción humana, como bordes de caminos, campos de cultivos o zonas urbanas.

**VEGETACIÓN ARVENSE:** plantas que aparecen de forma espontánea en los campos de cultivo

**ESPECIES ESTENOPICAS:** especies que ocurren en pocas estaciones y con abundancias importantes, denotaran una clara condicion estenotipica o condicion indicadora de un rango ambiental especifico ; su indice por tanto sera bajo.

**ESPECIES EURI:** con un amplio rango de tolerancia a las condiciones ambientales.

**PECIOLO:** segmento abdominal entre el mesosoma y gaster de una hormiga.

**GASTER:** region posterior del cuerpo pudiendo estar formada por cuatro o cinco segmentos.

**EUSOCIAL:** ocurre en Himenópteros (abejas, avispas y hormigas) Homópteros (áfidos) coleópteros (escarabajos) y roedores -Cuidado cooperativo de las crías. Se caracterizan por Castas estériles y altruismo reproductivo, superposición de generaciones de adultos (madre y crías adultas y jóvenes).

**BIOCENOSIS:** comunidad biótica o comunidad ecologica.

Dominancia de Simpson por especies cobertura cultivo.

especies	abundancia	Abundancia relativa	pi^2
Linepithema piliferum	201	0,284	0,08082641
Solenopsis geminata	158	0,223	0,049943083
Pheidole sp3	140	0,198	0,039211842
Megalomyrmex sp	64	0,091	0,008194475
Pheidole sp5	40	0,057	0,003200967
Odontomachus erythrocephalus	36	0,051	0,002592783
Neoponera sp	31	0,044	0,001922581
Azteca alfari	13	0,018	0,000338102
Dolychoderus sp	7	0,010	9,80296E-05
Linepithema sp	7	0,010	9,80296E-05
Camponotus novogranadensi	5	0,007	5,00151E-05
Pheidole sp2	5	0,007	5,00151E-05
Myrmelachista reclusi	2	0,003	7,95733E-06
total	709	<b>D</b>	0,186534288
		<b>D-1</b>	0,813465712

Dominancia de Simpson por especies bosque

especies	abundancia	abundancia relativa	pi^2
Labidus coecus	398	0,338	0,113956
Linepithema piliferum	155	0,131	0,017284
Atta cephalotes	115	0,098	0,009514
Labidus praedator	111	0,094	0,008864
Solenopsis geminata	106	0,090	0,008083
Pheidole sp4	69	0,059	0,003425
Linepithema sp	68	0,058	0,003327
Crematogaster sp grupo Bispinosus	59	0,050	0,002504
Solenopsis sp1	14	0,012	0,000141
Megalomyrmex sp	13	0,011	0,000122
Neoponera sp	13	0,011	0,000122
Camponotus novogranadensi	10	0,008	0,000072
Dolychoderus sp	10	0,008	0,000072
Pheidole sp3	10	0,008	0,000072
Pheidole sp1 grupo falax	8	0,007	0,000046
Nesomyrmex echinatinodis	5	0,004	0,000018

Camponotus ligniperda	4	0,003	0,000012
Camponotus sp	4	0,003	0,000012
Pseudomyrmex pallidus	3	0,003	0,000006
camponotus indianus	2	0,002	0,000003
Myrmelachista reclusi	2	0,002	0,000003
Procryptocerus sp	2	0,002	0,000003
total	1181	D	0,167659083
		1-D	0,832340917

Dominancia por especies cobertura rastrojo.

especies	abundancia	Abundancia relativa	pi^2
Linepithema piliferum	201	0,284	0,08082641
Solenopsis geminata	158	0,223	0,049943083
Pheidole sp3	140	0,198	0,039211842
Megalomyrmex sp	64	0,091	0,008194475
Pheidole sp5	40	0,057	0,003200967
Odontomachus erythrocephalus	36	0,051	0,002592783
Neoponera sp	31	0,044	0,001922581
Azteca alfari	13	0,018	0,000338102
Dolychoderus sp	7	0,010	9,80296E-05
Linepithema sp	7	0,010	9,80296E-05
Camponotus novogranadensi	5	0,007	5,00151E-05
Pheidole sp2	5	0,007	5,00151E-05
Myrmelachista reclusi	2	0,003	7,95733E-06
total	709	D	0,186534288
		D-1	0,813465712

## Formato recolección y procesamiento de datos instituto Alexander von Humboldt

### Formato para la consignación de los datos de los muestreos de hormigas (Hymenoptera: Formicidae)

Número de captura	Subfamilia	Género	Epíteto específico	Modiospacio	Técnica de captura	Número de transecto	Número de la trampa	Altitud	Fecha	Costa	Número de catálogo	Ubicación en la colección	Comentarios
1	Formicinae	Hypomyrma	oceanicum	sp.1	TW	1	1	1850	26/01/1999	O	IAHH-2641	S	
2	Myrmicinae	Wasmannia			TW	1	1	1850	26/01/1999	O	IAHH-2642	S	
3	Formicinae	Rhombopelta		sp.	TW	1	2	1850	26/01/1999	O	IAHH-2643	S	
4	Formicinae	Antecryptops		sp.	TW	1	3	1850	26/01/1999	R	IAHH-2644	S	Reina doblada
5	Formicinae	Hypomyrma		sp.2	TW	1	5	1850	26/01/1999	O	IAHH-2645	S	
6	Formicinae	Cubiteroschus	mayi		TW	1	5	1850	26/01/1999	O	IAHH-2646	S	
7	Myrmicinae	Stenomyrma		sp.1	TW	1	6	1850	26/01/1999	O	IAHH-2647	S	
8	Myrmicinae	Stenomyrma	fovei	sp.2	TW	1	6	1850	26/01/1999	O	IAHH-2648	S	
9	Myrmicinae	Myrmeleon			TW	1	6	1850	26/01/1999	O	IAHH-2649	S	
10	Formicinae	Hypomyrma		sp.1	TW	1	7	1850	26/01/1999	O	IAHH-2650	S	
12	Myrmicinae	Stenomyrma		sp.1	TW	1	8	1850	26/01/1999	O	IAHH-2651	S	
13	Myrmicinae	Stenomyrma		sp.1	TW	1	9	1850	26/01/1999	O	IAHH-2652	S	
14	Formicinae	Hypomyrma		sp.1	TW	2	1	1850	26/01/1999	O	IAHH-2653	S	
15	Formicinae	Coarctomyrma	minus		TW	2	1	1850	26/01/1999	O	IAHH-2654	S	
16	Formicinae	Myrmecomyrma	regulatorii		TW	2	1	1850	26/01/1999	O	IAHH-2655	S	
18	Myrmicinae	Myrmeleon		sp.	TW	2	2	1850	26/01/1999	R	IAHH-2656	S	Reina doblada

#### Detalle de los campos

Número de captura: número consecutivo asignado a cada registro en cada salida de campo

Subfamilia: nombre de la subfamilia del registro

Género: nombre del género del registro

Epíteto específico: nombre del epíteto específico del registro

Modiospacio: nombre con número asignado a la modiospacio a la que pertenece el registro, en caso de que no se identifique la especie

Técnica de captura: nombre de la técnica de captura utilizada para colectar el ejemplar (Trampa de caída/C; Trampa Volante; Captura manual/C.M. Cobertura/C)

Número de la trampa: número de la trampa en la cual se colectó el ejemplar

Número del transecto: número del transecto en el cual se colectó el ejemplar

Altitud: altitud en metros en la cual fue realizado el muestreo

Fecha día, mes y año (DDMMYY): en el que se capturó el ejemplar. Para el caso de las trampas que se dejan varios días, puede existir una columna para la fecha de instalación y otra para la fecha de recolección de las mismas

Costa: costa a la que pertenece el individuo (R=Isla-R; M=Isla-M; C=Isla-C; S=Isla-S)

Número de catálogo: así mismo y número asignado a cada ejemplar al momento de ingresar a una colección entomológica (Avila=Colección entomológica del Instituto Alexander von Humboldt)

Ubicación en la colección: sitio de la colección entomológica en la que se encuentra preservado el ejemplar (Colección en seco=S; Colección en líquido=L)

Comentarios: cualquier otra información pertinente sobre el ejemplar

Nota: pueden adicionarse en nuevas columnas las variables que se consideren importantes para facilitar el trabajo