

## **Información Importante**

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**Ensamblaje de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en bosque de piedemonte Amazónico**

**Sandra Patricia Cabrera Córdoba**

**Trabajo de grado para optar por el título de Magíster en Ciencias y tecnologías  
ambientales**

**Director(es)**

**Juan David Gutiérrez Torres**

**Doctor en Ciencias Biológicas**

**Ricardo Restrepo Manrique**

**Especialista en Química Ambiental**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Facultad de Química Ambiental**

**2020**

**Contenido**

Glosario	8
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1. Objetivos	14
1.1 Objetivo general	14
1.2 Objetivos específicos	14
2. Marco referencial	14
2.1 Marco conceptual	14
2.1.1 Diversidad.	14
2.1.2 La fragmentación del bosque.	16
2.1.3 Comunidades de hormigas.	17
2.1.4 Variables climáticas.	20
2.2 Marco de antecedentes	21
3. Métodos	32
3.1 Área de estudio	32
3.2 Sitios de muestreo y trabajo con hormigas	33
3.2.1 Unidades de muestreo.	33
3.2.2 Trabajo con hormigas.	35
3.2.3 Medición de variables abióticas.	37
3.3 Trabajo de laboratorio	38
3.4 Análisis ecológico	39

ENSAMBLAJE DE HORMIGAS	4
4. Resultados	40
4.1 Composición general de la mimercofauna	40
4.2 Índices de diversidad y riqueza de hormigas en el fragmento de bosque de piedemonte amazónico y en la matriz de pastizal	42
4.3 Índices de diversidad Beta y análisis de agrupamiento	46
4.4 Especies compartidas y exclusivas entre los sitios de estudio	47
4.5 Relación de las variables ambientales (temperatura del suelo, temperatura ambiente y humedad relativa) con el ensamblaje de hormigas en el fragmento de bosque y en la matriz.	49
5. Discusión	53
6. Conclusiones	62
Referencias bibliográficas	64
Apéndices	77

**Lista de tablas**

Tabla 1. <i>Medidas de diversidad aplicadas en los sitios de estudio (bosque y pastizal)</i> .....	43
Tabla 2. <i>Medidas de diversidad en el bosque aplicadas en las diez estaciones de muestreo (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10)</i> .....	44
Tabla 3. <i>Medidas de diversidad en la matriz aplicadas en las diez estaciones de muestreo (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10)</i> .....	44
Tabla 4. <i>Resultados de los índices de diversidad Beta en el fragmento de bosque (B) y en la matriz (P)</i> .....	46
Tabla 5. <i>Especies comunes entre los sitios de estudio (Bosque y pastizal)</i> .....	47
Tabla 6. <i>Especies exclusivas de bosque</i> .....	47
Tabla 7. <i>Especies exclusivas en la matriz (pastizal)</i> .....	48
Tabla 8. <i>Resultados de los modelos lineales generalizados entre las variables ambientales medidas (Variables explicativas) y los parámetros de riqueza y diversidad (variables de respuesta)</i> .....	49
Tabla 9. <i>Especies asociadas a la temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura de suelo en bosque y matriz</i> .....	53

**Lista de figuras**

<i>Figura 1.</i> Ubicación geográfica sitio de muestreo.....	32
<i>Figura 2.</i> Esquema del diseño de los transectos usados en el estudio.....	34
<i>Figura 3.</i> Esquema de una estación de muestreo. Tomada de Armbrecht. 1996. ....	34
<i>Figura 4.</i> Colecta de hormigas en hojarasca.....	35
<i>Figura 5.</i> Ubicación trampa de caída.....	36
<i>Figura 6.</i> Ubicación de la trampa arbórea (a), hipogea (b) y epigea (c).....	36
<i>Figura 7.</i> Medición de la variable ambiental temperatura del suelo. ....	37
<i>Figura 8.</i> Medición de la temperatura ambiente y la humedad relativa. ....	38
<i>Figura 9.</i> Identificación de taxones. ....	39
<i>Figura 10.</i> Distribución taxonómica por subfamilia del total de las especies de hormigas encontradas durante el estudio (n=118). ....	41
<i>Figura 11.</i> Representatividad del muestreo de acuerdo a la riqueza acumulada del boque .....	42
<i>Figura 12.</i> Representatividad del muestreo de acuerdo a la riqueza acumulada de la matriz (Pastizal) .....	43
<i>Figura 13.</i> Distribución de abundancias de las especies en bosque .....	45
<i>Figura 14.</i> Distribución de abundancia de las especies en la matriz.....	45
<i>Figura 15.</i> Dendograma de similitud entre los sitios muestreados (usando el índice de Jaccard).....	46
<i>Figura 16.</i> Círculo de correlaciones de las variables en el bosque.....	50
<i>Figura 17.</i> Plano principal de las especies en bosque .....	51
<i>Figura 18.</i> Círculo de correlaciones de las variables en la matriz.....	52
<i>Figura 19.</i> Plano principal de las especies en la matriz.....	52

**Lista de apéndices**

Apéndice A. Distribución de las especies en Bosque (B) y matriz (P).....	77
Apéndice B. Clúster (Grupos) de hormigas asociadas a las variables ambientales en el bosque..	79
Apéndice C. Clúster (Grupos) de hormigas asociadas a las variables ambientales en la matriz..	82
Apéndice D. Características morfológicas de las especies asociadas a la temperatura ambiente, temperatura del suelo y humedad relativa .....	85

## Glosario

**Bosque secundario:** “vegetación leñosa que crece en un terreno abandonado luego de que la vegetación original fuera devastada para el uso agrícola y ganadero principalmente” (Henao, Ordoñez, De Camino, Villalobos y Carrera, 2015, pág. 6).

**Ensamblaje:** “Es un grupo de organismos que interactúan entre ellos de una forma específica y participan de procesos ecosistémicos” (Ramírez y Gutiérrez, 2015, pág. 87).

**Ecosistema:** Comunidad biótica (una escala local) que interactúa con su medio abiótico”. (Pacheco, Larrea y López, 2010, pág. 84).

**Especie:** “cuando dos linajes son genéticamente divergentes y el entrecruzamiento entre ellos es raro e inexistente” (Ayala y Arp, 2010, pág. 91).

**Biodiversidad:** “La biodiversidad, ha sido definida de diferentes formas y distintos niveles. La definición más simple (y tal vez la más pragmática) es la que se refiere al número de especies en un sitio o número de especies dentro de una comunidad de organismos” (López, 2009, pág. 4).

### Resumen

En esta investigación se evaluó el efecto de las variables temperatura del suelo, temperatura ambiente y humedad relativa, en el ensamblaje de hormigas. En el municipio de Orito (Putumayo), en un bosque secundario de piedemonte amazónico y su matriz de pastizal, se trazó un transecto de 100 m, ubicando 10 estaciones distanciadas a 10 m, en estas se muestrearon las hormigas con: trampas pitfall, cebo corner, extracción de hojarasca y captura manual. En los hábitats, se calcularon los índices de diversidad, riqueza y equitabilidad; se hicieron pruebas de T-Hutchinson y T-Student con los datos de diversidad y riqueza, respectivamente; se hizo el análisis de regresión de Poisson con los datos de diversidad y riqueza por mes de muestreo y los promedios de las variables ambientales en cada estación; se realizó el análisis de componentes principales con los datos de las morfoespecies y los promedios de las variables medidas. El bosque presentó los mayores índices de diversidad (3,8), riqueza (101 especies) e índice de equitabilidad (0,82), debido a que, les ofrece a las hormigas variedad de sitios de nidificación, un microclima constante y mayor oferta de recursos alimenticios. Los ensamblajes de hormigas no reflejaron los cambios de las variables, algunas especies responden a estos patrones, por ello para entender la dinámica del funcionamiento de los ecosistemas de piedemonte amazónico, es necesario estudiar la biología de cada especie. Los hábitats estudiados, comparten especies generalistas y especies exclusivas, que aportan a la diversidad de hormigas del piedemonte Amazónico, por ello los sitios deben conservarse.

*Palabras Clave:* Ensamblaje, fragmento de bosque, hormigas, matriz de pastizal, variables ambientales.

### Abstract

In this investigation the effect of the variables soil temperature, ambient temperature and relative humidity on the assembly of ants was evaluated. In the municipality of Orito (Putumayo), in a secondary forest of Amazonian foothills and its grassland matrix, a 100 m transect was traced, locating 10 stations distanced to 10 m, in these the ants were sampled with: pitfall traps, bait corner, litter extraction and manual capture. In the habitats, the indices of diversity, wealth and equitability were calculated; T-Hutchinson and T-Student tests with diversity and wealth data, respectively; The Poisson regression analysis was done with the diversity and wealth data per month of sampling and the averages of the environmental variables in each season; The principal components analysis was carried out with the morphospecies data and the averages of the measured variables. The forest presented the highest indexes of diversity (3.8), wealth (101 species) and fairness index (0.82), because it offers ants a variety of nesting sites, a constant microclimate and greater supply of food resources. The assemblies of ants did not reflect the changes of the variables, some species respond to these patterns, so to understand the dynamics of the functioning of the ecosystems of Amazonian piedmont, it is necessary to study the biology of each species. The habitats studied, share generalist species and exclusive species, which contribute to the diversity of ants of the Amazonian piedmont, so the sites must be conserved.

**Keywords:** Assembly, forest fragment, ants, grassland matrix, environmental variables.

## Introducción

En Colombia el 50% del territorio está cubierto por bosques y es el segundo país con la mayor diversidad del mundo; la deforestación y el cambio climático, son los principales factores que los afectan (García, 2014). En el país se han realizado esfuerzos para ampliar el conocimiento sobre hormigas, sus relaciones ecológicas y con los demás componentes del ecosistema, en hábitats naturales y degradados, siendo un grupo con ilimitada fuente de conocimiento (Armbrecht et al. 2019).

La región amazónica compone el 45% del bosque tropical y en Colombia los departamentos de Amazonas, Caquetá y Putumayo, constituyen el 3% del total de la Amazonía. Debido a sus componentes físicos y bióticos, resultado de los procesos evolutivos, biogeográficos y ecológicos, involucran áreas como el piedemonte andino en Putumayo y Caquetá (Ruíz et al. 2007); esta región presenta la mayor tasa de deforestación en el mundo y la pérdida de la biodiversidad, es uno de los problemas más graves a los que se enfrenta (Armbrecht et al. 2019). Los procesos de colonización, la expansión de la frontera agrícola y ganadera, cultivos de uso ilícito, explotación de petróleo y la ocupación no planificada, ha llevado a la transformación de los paisajes y la reducción de la cobertura vegetal (Ruíz et al. 2007).

Estos cambios de cobertura vegetal, pueden alterar las propiedades de los ecosistemas y los bienes y servicios que estos ofrecen a los seres humanos; tiene efectos sobre la abundancia, composición, la distribución de organismos y sus funciones (Chanatásig, et al. 2011). La cobertura, además, incide en el microclima, por ejemplo, en los bosques la humedad es mayor y la temperatura es menor en comparación que las zonas abiertas (Duval y Campo, 2017).

El clima puede ejercer efectos fisiológicos en las especies ectotérmicas, los cuales están relacionados con el balance hídrico y el equilibrio térmico; los factores abióticos como la

disponibilidad del agua y la temperatura, inciden en la distribución y abundancia de los insectos, por tanto, aquellos que son capaces de tolerar las variaciones térmicas, logran competir exitosamente con otros organismos del ecosistema (De la Vega y Schilman, 2015), mientras que, los que son sensibles a las temperaturas extremas, esta se convierte en un factor limitante (Fuster, 2012), debido a que, bajo estas condiciones pueden perder agua llevándolos a la desecación, además limita su capacidad para regular la temperatura corporal (De la Vega y Schilman, 2015).

Las hormigas son consideradas como indicadoras biológicas, porque su respuesta a las perturbaciones es predecible, rápida y analizable; son abundantes, fáciles de encontrar en campo, el conocimiento de su taxonomía es bien conocida y la identificación es relativamente fácil (Villalba et al. 2011).

Las hormigas también juegan un papel importante como ingenieros del ecosistema, influyen en los procesos biogeoquímicos, los cuales pueden afectar la disponibilidad de recursos, los flujos de materiales, las condiciones de humedad y temperatura del suelo, perturbando a otros organismos, porque controlan la disponibilidad de recursos que ellos usan como: energía, materiales, espacio, organismos para su alimento, o la combinación de todos, sin embargo, para otros, estos efectos son positivos, ya que crean nuevas oportunidades ecológicas (Gutiérrez y Clive, 2006).

Respecto a otras investigaciones en las que se ha analizado la relación de la temperatura ambiente y la humedad relativa, con especies particulares ha arrojado resultados similares, cómo los desarrollados por Novoa y Col. (2005), quienes no evidenciaron relación de la actividad diaria de *Camponotus sp.* con dichas variables, debido a que, el comportamiento estaba relacionado con el fotoperiodo y la oferta de recursos; en cambio, Chong y Lee (2009), encontraron que, la actividad de alimentación de *Anoplolepis gracilipes* se correlacionó positivamente con la temperatura y estuvo limitada por humedad baja.

En cuanto a la temperatura del suelo, Pol y Lopez (2004), hallaron que, esta variable produce cambios en el comportamiento en las actividades diarias y estacionales en las hormigas, porque afecta el consumo de oxígeno, la pérdida de agua y el costo de transporte, mientras que, Bozalli y Col. (2008), afirman que, la temperatura determina el crecimiento, la producción de cría y la supervivencia de colonias de hormigas.

A pesar de que, se han realizado muchas investigaciones en hormigas, en la región amazónica se conoce muy poco sobre estos insectos, sin embargo, se estima que, la riqueza y composición es alta (Armbrecht et al. 2019). En hormigas hay vacíos en su conocimiento, dificultando encontrar estrategias de manejo de conservación adecuadas (González, 2017) que permitan mantener la diversidad local y global (Andrew et al. 2013), sobre todo, para lograr entender las causas que realmente estructuran las comunidades de hormigas, es importante estudiar los factores abióticos en los que se incluyen: la temperatura y la humedad (Armbrecht et al. 2019), por ello, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de estas variables ambientales en el ensamblaje de hormigas, valorando la hipótesis: el ensamblaje de hormigas de bosque y de pastizal reflejan los cambios de las variables ambientales (temperatura ambiente, temperatura del suelo y humedad relativa); no obstante, se determina que, el comportamiento de los ensamblajes de hormigas referente a las condiciones ambientales estudiadas depende de cada especie (Caldato et al. 2016), por lo tanto, es importante estudiar la biología de las especies encontradas en piedemonte amazónico debido a que, la falta de conocimiento sobre las especies de hormigas en el Neotrópico y en particular en región, se convierte en una limitante para entender la asociación de las variables ambientales y la dinámica de funcionamiento de estos insectos en la región.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de las variables ambientales (temperatura del suelo, temperatura ambiente y humedad relativa) en el ensamblaje de hormigas.

### **1.2 Objetivos específicos**

Calcular los índices de diversidad y riqueza de hormigas en el fragmento de bosque de piedemonte amazónico y en la matriz de pastizal.

Comparar la diversidad y riqueza entre el fragmento de bosque y la matriz de pastizal.

Relacionar las variables ambientales (temperatura del suelo, temperatura ambiente y humedad relativa) con el ensamblaje de hormigas en el fragmento de bosque y en la matriz.

## **2. Marco referencial**

### **2.1 Marco conceptual**

#### **2.1.1 Diversidad.**

Hace referencia a la variedad de especies que se presentan en una dimensión espacio-temporal definida, resultante de conjuntos de interacción entre especies que se integran en un proceso de selección, adaptación mutua y evolución, dentro de un marco histórico de variaciones medioambientales locales (Ramírez, 2005). El término diversidad también incluye el número y

frecuencia de ecosistemas, especies o genes en un ensamblaje dado. La diversidad de especies hace referencia a la variedad de organismos vivos sobre la tierra, conocido como riqueza. Se tiene en cuenta cómo los individuos se reparten los recursos o como se reparte el número de individuos de las diferentes especies; la cuantificación de este último aspecto es conocido como equitatividad. La biodiversidad también incluye a todas las especies, los ecosistemas de los que hacen parte y los genes que forman parte de cada especie (Dorado, 2010).

La importancia de la biodiversidad radica en que, proporciona servicios y bienes, tales como: la provisión de alimentos, filtración del agua y el aire, protección de desastres naturales, formación de suelo fértil, regulación del clima, entre otros; la pérdida de esta produce el daño de los servicios ecosistémicos y, por ende, afectaciones a la salud humana, inseguridad alimentaria, vulnerabilidad a catástrofes y cambios ambientales. Detener la extinción de especies, es necesaria para garantizar el funcionamiento de los ecosistemas, porque ellas están unidas en equilibrio dinámico entre sí y con el medio, realizando procesos básicos, indispensables para su estabilidad (Dorado, 2010).

Para estudiar la diversidad se debe establecer una escala biogeográfica, definir que es local y que es regional, para asociarla a las medidas de diversidad alfa, beta y gama; la diversidad alfa ( $\alpha$ ) se mide como el número de especies de una comunidad (riqueza específica) y da información respecto a procesos ecológicos e históricos; la diversidad Beta ( $\beta$ ), se basa en la medición de proporciones, con el uso de índices de similitud, disimilitud o de distancia entre las muestras, a través de datos cualitativos, cuantitativos o índices de diversidad beta; la diversidad gamma, es la diversidad de una región, algunos autores proponen hacer el cálculo teniendo en cuenta la diversidad alfa, diversidad beta y dimensión espacial (Halffter et al. 2001).

### **2.1.2 La fragmentación del bosque.**

La fragmentación del bosque, es el efecto de procesos naturales que perturban el medio, como, por ejemplo: el viento, tormentas, derrumbes, incendios, entre otros; se aumenta por la transformación de los hábitats, debido a actividades antrópicas ocasionadas por los humanos al usar los recursos naturales. Las áreas grandes y continuas de hábitat, se reducen y se fraccionan en parches pequeños y aislados, los cuales quedan inmersos en una matriz con ambientes no indicados para las especies que los habitan (Navarro et al. 2015).

La deforestación forma paisajes fragmentados, causando alteraciones del microclima del bosque, efectos sobre las comunidades biológicas, disminución de alimentos y complejidad del hábitat, reducción de poblaciones y discontinuidad de sistemas sociales (Colorado et al. 2017), sin embargo, los fragmentos albergan una alta biodiversidad y permiten el movimiento y dispersión de las especies entre áreas más conservadas, por ello, estos sitios son valiosos para la preservación de especies y comunidades nativas, especialmente en la región Andina (Duque et al. 2013).

En Colombia, el crecimiento de la población humana y uso de la tierra para la agricultura, ha ocasionado la tala de los bosques naturales (Lozano et al. 2011); el 66% de la superficie que está cubierta por bosque en el país se encuentra en la Amazonía (Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales, s.f.), sin embargo, los bosques se han intervenido para extraer madera, expandir cultivos, hacer pastoreo extensivo (Meza y Armenteras, 2018), actividades de minería lícita e ilícita, establecimiento de cultivos de uso ilícito y la construcción de infraestructura informal (Duque et al. 2013); en el año 2012, los pastos sembrados para hacer actividades de producción ganadera comprendían 3.643.330 ha, representando el 7.54% de toda la Amazonía Colombiana, en el Putumayo los pastos cubrían 538.488 ha, lo cual no es adecuado para esta región, ya que, su vocación es forestal (Murcia et al. 2014).

La conversión de cobertura arbórea nativa, a áreas de pasturas, produce impactos ambientales negativos como erosión y compactación del suelo, afectando negativamente el movimiento de las hormigas especialistas del bosque que son altamente sensibles a cambios en las condiciones microambientales, por tanto, poseen baja capacidad para cruzar los bordes (Sanabria y Achury, 2011).

### **2.1.3 Comunidades de hormigas.**

Las hormigas pertenecen a la familia Formicidae del orden Hymenoptera, son organismos sociales, viven en colonias y pueden desarrollarse en diversos hábitats, por ello se las considera como insectos exitosos; algunas especies están adaptadas a la vida arbórea (Casanova, 2014).

Las hormigas son uno de los depredadores generalistas más importantes de los artrópodos en los ecosistemas terrestres; participan en procesos, tales como: renovación del suelo, ciclo de nutrientes, defensa de las plantas, la dispersión de semillas y la regulación de los herbívoros; estos atributos, las ha llevado a ser aceptadas como taxones clave. Debido a que su muestreo es simple y rentable, los convierte en un indicador adecuado de los cambios abióticos, bióticos y funcionales de los ecosistemas (Tiede et al. 2017). Se han descrito en el mundo 334 géneros, alrededor de 13240 especies; en la región neotropical 129 géneros y aproximadamente 3300 especies (Fernández et al. 2019); en la región paleártica, han reportado 131 géneros y 2642 especies; en la región australiana 109 géneros y 1621 especies; la región afrotropical posee 2729 especies y 108 géneros (SShattuck, 2010) y en la región Neartica, se presentan 97 géneros y 1640 especies (Antweb, 2002).

En Colombia se han realizado diferentes estudios sobre hormigas, la mayor información se registra en la región Andina, se ha realizado 49 muestreos, seguida de la región caribe con 46

inspecciones; las regiones Pacífico, Orinoquía, Amazónica e Insular con 9, 4, 2 y 3 observaciones, respectivamente. Las investigaciones que, más se han realizado son las de paisajes rurales (fragmento de bosques secundarios y sus matrices), en menor cantidad se han efectuado en áreas protegidas, como los Parques Naturales Nacionales, posteriormente en zonas de regeneración y por último los ecosistemas agrícolas (Abadía y Chacón, 2014).

En el país, se han desarrollado proyectos en bosques secos tropicales sobre el efecto de la fragmentación en la fauna y flora, usando como bioindicadores a las hormigas; en los remanentes de este tipo bosque se observó especies y comunidades únicas que, contribuyen al mantenimiento de los procesos ecológicos, por esta razón se deben conservar (Simanca et al. 2013). En fragmentos de los bosques montanos y premontanos de los Andes, también se han realizado trabajos de bioindicación usando a las hormigas cazadoras (Poneroide y Ectatomminae), encontrándose mayor riqueza en los bosques con respecto a los pastizales, debido a que, estas hormigas dependen de la cobertura boscosa, la cual les ofrece mayores sitios de nidificación (Abadía et al. 2010).

Abadía y Col. (2010), observaron la riqueza y composición de hormigas cazadoras, asociadas a la hojarasca; la riqueza fue mayor en bosque secundario, seguido del bosque maduro, el corredor ripario y el pastizal; respecto a la composición hallaron diferencias significativas de hormigas cazadoras entre los lugares investigados; la disimilitud entre el bosque maduro y el pastizal fue de 88.73% y el 88.23% entre el bosque secundario y el pastizal, la menor disimilitud la obtuvo el bosque maduro y el corredor ripario (58.67%). Las diferencias encontradas se debieron a que, las hormigas cazadoras dependen de la cobertura boscosa, habitando en raíces de epífitas, madera en descomposición, hojarasca del suelo y en rosetas de bromelias.

En hormigas también se han efectuado investigaciones sobre usos del suelo. En el trabajo de Arenas y Armbrrecht (2017), se identificó el efecto de los cafetales de sol y de sombrío sobre la

riqueza y abundancia de hormigas y sus gremios tróficos; observaron mayor número de especies en parches de vegetación natural, seguido de los cafetales de sombra y los cafetales de sol. Respecto al análisis de agrupamiento, los cafetales de sol formaron un grupo diferenciado y se combinaron con los otros usos, los parches de vegetación natural tuvieron una similitud del 45%. Las especies generalistas contribuyeron a las diferencias presentadas entre los paisajes, demostrando que, los parches de vegetación natural fueron dominados por especies de áreas perturbadas, las cuales ingresan a usos de suelo con presencia de árboles; las especies exclusivas de los parches de vegetación natural, fueron observadas en sitios degradados, por lo que, sugieren que, pueden desaparecer al continuar la presión antrópica en el interior y en sus matrices.

Limachi y Col. (2018), en la región Alto Beni, en Bolivia evaluaron el efecto de cinco sistemas de producción de cacao (monocultivo convencional, monocultivo orgánico, agroforestal convencional, agroforestal orgánico y agroforestal sucesional) en el ensamblaje de hormigas; no encontraron diferencias significativas entre la diversidad y la complejidad de los ecosistemas, sin embargo, observaron efectos en la composición del ensamblaje de hormigas; la mayoría de especies pertenecieron a grupos funcionales de primeros estadios de sucesión y asociadas a monocultivos; las especies de hábitos alimenticios específicos, estuvieron en los ecosistemas de vegetación compleja.

En la Amazonía, se han realizado trabajos como los de Sanabria y Chacón (2011), en sistemas productivos del piedemonte amazónico, en el departamento de Caquetá; se estudió la variación de la riqueza y composición de hormigas cazadoras, en ecosistemas ganaderos, tales como: agroforestal, silvopastoril y tradicional, con el fin de determinar diferencias en el uso del suelo; encontraron que, el sistema agroforestal, lugar con mayor proporción de usos forestales y rastrojos viejos, favorece la mayor diversidad de hormigas y exclusividad con respecto a los

demás sistemas, debido a la preferencia de estas especies por hábitats de cobertura boscosa, variedad de sustratos para anidar (suelo, hojarasca y troncos caídos), microclima constante y mayor oferta de recursos alimenticios (Sanabria y Chacón, 2011).

Sanabria y Achurry (2011), también en el departamento del Caquetá, hicieron investigación de hormigas legionarias en los sistemas productivos: pastizales degradados y de árboles dispersos, rastrojos y agroforestal; concluyeron que, se debe incrementar la conectividad de los fragmentos para evitar la extinción local de especies, ya que, las hormigas que prefieren alimentarse en estos sitios pueden verse afectadas (Sanabria y Achury, 2011).

En putumayo, se ha realizado muestreos de hormigas en los municipios de Villagarzón, Mocoa y Puerto Guzmán, y en la zona protegida Parque Nacional La Paya (SShattuck, 2010). El Grupo de Monitoreo Ambiental (GEMA) del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, muestreó hormigas cerca de la vereda el Empalme en territorio Cofán, sin embargo, este territorio no pertenece al municipio de Orito desde el 2009 aproximadamente. Estos trabajos se han centrado en taxonomía y no en aspectos ecológicos (Ruíz et al. 2007). En el departamento se reportan 16 géneros y 25 especies, además las especies endémicas: *Acanthostichus truncates*, *Apterostigma callipygium*, *Gnamptogenys ingeborgae*, *Strumigenys hemidisca*, *Strumigenys incuba*, *Strumigenys kompsomala* y *Strumigenys monstra* (Antweb, 2002).

#### **2.1.4 Variables climáticas.**

El conocimiento de los fenómenos, mecanismos y procesos concernientes al cambio climático y la variabilidad climática, son importantes para construir estrategias que, permitan prevenir,

mitigar y adaptarse a las condiciones que determinan las transformaciones que a nivel mundial, regional y local que se ocasionan en términos climatológicos (González, 2017).

El impacto del cambio climático, se estudia teniendo en cuenta, el aumento de la temperatura, la alteración de las precipitaciones, el cambio de las concentraciones atmosféricas, como el incremento del CO<sub>2</sub>, aumento de eventos extremos, los cuales, a su vez, tienen diferentes efectos sobre los factores bióticos y abióticos, por ello, se deben analizar en todos los niveles: individuos, poblaciones, especies, comunidades e interacciones entre especies (Lozano et al. 2011).

Los rasgos biológicos que definen una especie, se pueden modificar por los cambios en los patrones de las variables meteorológicas, por lo tanto, las especies pueden sufrir alteraciones en sus características morfológicas y fisiológicas, las preferencias ecológicas, los patrones conductuales y de historia, según las variaciones del entorno climático en el que se desarrollan (Barquero, 2016). Londoño y Col. (2019), comentan que, se ha demostrado que, las especies no se adaptan con facilidad a los cambios ambientales intensos y frecuentes, por lo que, el cambio de la distribución geográfica parecería ser una de las respuestas más factibles.

Los estudios sobre la riqueza de hormigas y su correlación con el clima, se han abordado teniendo en cuenta diferentes variables ambientales e hipótesis, sin embargo, los resultados en los estudios realizados son diferentes, por ello, no se logra responder con exactitud los factores que afectan la diversidad de estos insectos, así mismo lo señala Currie y Col. (2004), exponiendo que, a escala continental la riqueza de especies esta correlacionada con el clima, particularmente con la temperatura, pero los resultados mostrados en las investigaciones son mixtos.

## **2.2 Marco de antecedentes**

Agosti y Col. (2000), señalan que, las bajas temperaturas son el tensor primario que controla los parámetros globales de la productividad y la estructura de la comunidad de hormigas. La estructura del hábitat determina el grado de insolación de la superficie de forrajeo y por consiguiente el microclima. El estrés en bajas temperaturas puede ser: alto en climas fríos y en hábitats sombreados, moderado en climas fríos y hábitats abiertos o en hábitats sombreados y climas cálidos, bajo en climas cálidos y hábitats abiertos; sin embargo, Gotelli y Ellison (2002), señalan que la riqueza local y regional, es sensible a la cobertura y diversidad vegetal, tipo de suelo, régimen de perturbación y la presencia de especies no nativas.

Fernández (2003), afirma que la misma sociabilidad de las hormigas, las hace difíciles para realizar análisis de fluctuaciones poblacionales relacionadas con cambios ambientales; que las comparaciones interespecíficas son dificultadas por las diferencias en cuanto al tipo de organización social y tamaño de la colonia, y que la organización social también les permite crear su propio microambiente dentro del nido, por lo cual no se puede esperar una correlación muy estrecha entre los cambios ambientales, a menos que sean muy drásticos y las poblaciones de hormigas, ya que algunas especies poseen colonias que termorregulan y logran mantener la temperatura interna del nido más o menos constante a pesar del cambio de temperatura exterior, por ejemplo algunas especies del género *Formica*.

Walters y Mackay (2003), indican que la humedad determina la distribución de *Linepithema humile* (hormigas argentinas), debido a que, las temperaturas del suelo, la tasa de evaporación y los niveles de humedad del suelo pueden influir en la humedad dentro de los nidos de las hormigas. En ensayos de laboratorio, determinaron las preferencias de humedad y las tasas de supervivencia de las hormigas obreras de *Linepithema humile*, comparándolos con hormigas nativas del género *Iridomyrmex*, las cuales tienen características morfológicas similares y compiten con las hormigas

argentinas; en este estudio determinaron que, existe relación entre el nivel de humedad y la supervivencia y distribución de estas hormigas.

Pol y Lopez (2004), en su estudio sobre variaciones temporales en los niveles de actividad de las hormigas *Pogonomyrmex pronotalis* y *Pogonomyrmex rastratus* y su relación con la temperatura del suelo, en el desierto de Monte Central de Argentina, evidenciaron cambios temporales en la actividad debidas a fluctuaciones de temperatura del suelo, ocurridas entre 20 y 50 °C y su actividad máxima en 30 y 45 °C; a pesar de ello, en temperaturas intermedias no se reflejaron cambios en la actividad diaria y estacional; la actividad en horas calientes del medio día y en los meses de verano y en Otoño, donde las temperaturas bajan, fue limitada. Este comportamiento se debió a que, la temperatura del suelo afecta el consumo de oxígeno, la pérdida de agua y el costo de transporte.

Los autores mencionan que, pese a que, la temperatura del suelo afecta la actividad de alimentación, algunas hormigas tienen otras estrategias para evitar y adaptarse a las altas temperaturas como: ajustes en el comportamiento (actividad nocturna) y a que, contienen proteínas de choque térmico. También explican que, otros factores bióticos o abióticos pueden explicar las variaciones en las tasas de alimentación, tales como: la intensidad de la luz, la depredación y otras actividades diferentes a la alimentación: mantenimiento de nidos y actividades de patrullaje (Pol y Lopez, 2004).

Novoa y Col. (2005) monitorearon la actividad diaria de la hormiga *Camponotus sp.* sobre el cactus *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Werdermann y Backeberg) Ostolaza, determinando que, la temperatura ambiente y la humedad relativa no estuvieron relacionadas con la actividad diaria e indicaron que, el comportamiento estaba vinculado al fotoperiodo y a la oferta de alimento del cactus con picos más altos en la noche; no obstante observaron que, el número de

hormigas que visitaron los cactus descendió cuando las temperaturas bajaron a los 18°C y la humedad relativa incrementó hasta que, comenzó a llover.

Elahi (2005), explica en la investigación realizada sobre el efecto del agua en los hábitos de anidación de *Paraponera clavata* que, las variables del microhábitat impactan la selección del sitio del nido y que, la temperatura en las hormigas afecta el metabolismo individual, el crecimiento de las colonias, la translocación de crías, el crecimiento y el desarrollo larvario y que, el agua afecta la distribución de colonias, incluyendo la de los nidos arbóreos en hábitats pantanosos.

Los hábitos de anidación de *Acromyrmex* están correlacionados con la temperatura del suelo, entre más caliente es el suelo, mayor es el número de especies que habitan los nidos subterráneos con respecto a los superficiales, no obstante, las especies que pueden tolerar variaciones de los factores limitativos, los nidos subterráneos los construyen en suelos calientes y los superficiales en fríos. La temperatura determina el crecimiento, la producción de cría y la supervivencia de colonias de las hormigas y los trabajadores también muestran respuestas de conducta sensibles a este factor (Bozalli et al. 2008).

Por otra parte, Chong y Lee (2009) afirman que, las hormigas son poiquilotérmicas, es decir que la temperatura corporal varía según el medio ambiente porque carece de mecanismos que la regulen, siendo sensibles a las fluctuaciones climáticas y sus actividades de alimentación están controladas por la temperatura del ambiente o la temperatura del suelo, el estrés hídrico, humedad, radiación y viento; en el trabajo que realizaron encontraron que, la actividad de alimentación de *Anoplepis gracilipes* se correlacionó significativamente con la temperatura, así mismo, encontraron que la actividad de alimentación de esta especie está limitada por la baja humedad.

De acuerdo con (Dunn et al. 2009), la riqueza de hormigas generalmente, se correlaciona con el clima contemporáneo, sin embargo, las perturbaciones, la historia climática (diferencias netas

entre el Eoceno y climas modernos) y la geografía pueden afectar los patrones de riqueza y en ese caso, esta debería diferir entre regiones, pero aún, es diferente entre regiones que tienen similares climas. Los autores afirman que, Darwin atribuyó la mayor diversidad de formas en el hemisferio Sur porque tenía un clima más favorable, además mencionan que, se ha encontrado que la riqueza esta correlacionada con las variables temperatura media anual y precipitación anual, indicando que, temperaturas mínimas bajas pueden influir en las tasas de mortalidad de hormigas y que, las temperaturas altas máximas y medias, permiten que forrajeen más y obtengan más energía, además exponen que, en hábitats húmedos se ha encontrado una correlación positiva entre las hormigas forrajeras y arbóreas con la precipitación; no obstante, en la investigación que realizaron, la riqueza de hormigas tuvo una correlación positiva con la temperatura y una correlación negativa con la precipitación y los rangos de temperatura.

Segev (2010), en la investigación que hizo, probó si la precipitación y la temperatura explican los patrones de riqueza de especies de hormigas, encontrando que, la riqueza, en regiones áridas es limitada por la disponibilidad de agua, expresada por la mayor oferta de alimentos en épocas lluviosas, sin embargo, indica que, esta puede estar asociada al área del hábitat y su conectividad, respecto a la temperatura no halló correlación con la riqueza.

Soare y Col. (2011), teniendo en cuenta los hallazgos en *Eciton burchellii* y la creación de sus nidos vivos (vivac), en bosques húmedos de tierras bajas hasta bosques montanos, identificaron que, al aumentar la elevación los vivac, estos se ubicaban a mayor profundidad desde la superficie del suelo y estaban menos expuestos en los árboles. Los vivac ubicados a una mayor elevación amortiguaron las variaciones de la temperatura en el día y los niveles de humedad relativa más altos y niveles de luz más bajos respecto a las condiciones ambientales externas; los resultados indican que, las colonias maduras buscan sitios con temperatura y humedad específicas para

construir sus nidos y debido a que, no se ha comprobado metódicamente, sugieren que, se estudie las condiciones ambientales durante el transcurso de la elección del sitio del nido.

Longino y Colwell (2011), en Costa Rica analizaron la distribución de hormigas de hojarasca en un gradiente altitudinal en bosque húmedo, para ello tomaron muestras de siete sitios, ubicados desde los 50 a 2000 m; los ensamblajes de hormigas a 1070 m, 1500 m y 2000 m estuvieron altamente diferenciados, los rangos de elevación fueron estrechos para las especies en las elevaciones medias a altas y amplios para las hormigas que habitan elevaciones más bajas. Respecto a las variables ambientales, temperatura ambiente y humedad relativa, señalaron que, la temperatura se relacionó positivamente con la riqueza de especies y con la densidad de obreras y la humedad relativa no estuvo relacionada con la riqueza; la diversidad fue mayor en la elevación más baja, donde la temperatura es más alta, situación explicada por el modelo de especiación, en donde poblaciones de la misma especie y que ocupan un mismo territorio se diversifican debido a la aparición de mecanismos de aislamiento, en este caso la temperatura es el factor que incide en estas diferencias; sugieren además que, el calentamiento interglacial llevó a las especies a las elevaciones más altas y que la falta de competidores en zonas más bajas permite que se muevan a través del gradiente.

Wiescher y Col. (2012), estudiaron la relación de los rangos funcionales de las hormigas epígeas y las variables cobertura del suelo, temperatura ambiente, déficit de presión de vapor y diversidad de plantas, con el fin de determinar su importancia en el ensamblaje de comunidades y comprender los impactos de los cambios ambientales; encontraron correlación entre las variables medidas y la composición de hormigas. La complejidad de la vegetación y la temperatura interactuaron con la morfología y fisiología de las hormigas, impactando su distribución espacial; las especies que habitaban lugares más cálidos presentaron mayor tolerancia térmica, las hormigas que habitaron

zonas con menor cobertura, tuvieron patas más largas sin diferir en el tamaño y las hormigas de lugares más cálidos y secos no mostraron mayor resistencia a la desecación. Los investigadores afirman que, según los resultados, el cambio climático puede alterar la composición del ensamblaje, la dinámica competitiva y los demás procesos del ecosistema.

Solis y Bueno (2012), evaluaron la tolerancia de las especies de hormigas obreras *Monomorium floricola*, *Monomorium pharaonis* y *Tetramorium bicarinatum* a la temperatura; entre más alta las temperaturas, mayor fue la mortalidad de las hormigas; *Monomorium pharaonis* toleró las temperaturas más altas (30- 50 °C) y la especie *Tetramorium bicarinatum* no soportó temperaturas inferiores a 20 °C; los autores dedujeron que, los resultados podrían estar relacionados porque, estas especies son exóticas invasoras, las cuales resisten condiciones ambientales alteradas, en respuesta a su comportamiento fisiológico y adaptaciones que les permiten sobrevivir en lugares de mayor estrés, en los que las especies nativas no podrían desarrollarse.

Medeiros y Col. (2012) estudiaron patrones de forrajeo estacional de las hormigas *Dinoponera quadriceps* para determinar si la actividad de las obreras está basada en las condiciones ambientales (temperatura del aire, humedad relativa y precipitación) o a los recursos alimenticios. La actividad de alimentación se correlacionó negativamente con la temperatura y positivamente con la disponibilidad de presas; no estuvo correlacionada con la abundancia total de artrópodos del suelo y la humedad relativa. Según los resultados, las hormigas realizan la actividad de alimentación en periodos adecuados para evitar el estrés térmico e incrementar la eficiencia, respondiendo así, a fluctuaciones estacionales.

Osorio y Col. (2013), en el estudio realizado en hormigas de hojarasca, encontraron una relación significativa y positiva de la riqueza con la precipitación y la temperatura ambiente, es decir a

mayor precipitación y mayor temperatura ambiente mayor riqueza, explicada por el incremento de la disponibilidad de alimentos y la actividad de forrajeo en los meses más cálidos.

Medeiros y Col. (2014), caracterizaron la actividad de búsqueda de alimento de las hormigas *Dinoponera quadriceps*, para probar que presentan variaciones rítmicas diarias y estacionales relacionadas con las variables ambientales; la temperatura ambiente y la humedad relativa influyeron en la actividad diaria de alimentación, la temperatura ejerció un resultado negativo y la humedad ejerció uno positivo. En la escala estacional la actividad de alimentación fue máxima a principios de la estación seca y disminuyó al terminar el periodo e incrementó de nuevo al finalizar el tiempo de lluvia. El ritmo estacional de forrajeo se relacionó negativamente con la humedad relativa y positivamente con la disponibilidad de presas.

Solida y Col. (2014), estudiaron los aspectos de las estrategias de alimentación en especies de hormigas recolectoras, *Mesor wasmanni* y *M. minor*, en pastizales secos; los científicos observaron respecto a las variables ambientales, temperatura ambiente y humedad relativa que, la coexistencia de las especies y la utilización de los recursos no están afectadas por estas y que la competencia es la que determina la utilización de los recursos.

Gallego y Salguero (2015), investigaron el ensamblaje de hormigas en un fragmento de bosque seco; determinaron la riqueza, diversidad y abundancia de hormigas en bosque y en la matriz de potrero y calcularon los coeficientes de correlación y regresión entre la humedad relativa, la temperatura ambiente y la riqueza de hormigas. En el bosque encontraron que, a medida que la temperatura aumentó, disminuyó la riqueza y abundancia de la comunidad de hormigas, mientras que, en el potrero al aumentar la temperatura, la riqueza y la abundancia incrementó, debido a que las especies pueden ser típicas de dichas condiciones ambientales. Respecto a la humedad relativa, en el bosque la correlación fue positiva para la abundancia y la riqueza, reflejada por la mayor

cobertura vegetal, la cual puede retener mayor vapor de agua y por consiguiente disminuir la temperatura ambiental; en el potrero la relación fue inversa, los coeficientes de correlación para la abundancia y la riqueza resultaron negativos. La baja humedad relativa es desfavorable para el forrajeo.

Caldato y Col. (2016) investigaron el cambio estacional en el patrón de actividad de alimentación de *Atta capiguara*, para estimar la tasa anual de herbivoría; indicaron que, el ritmo de actividad dependió significativamente de la temperatura ambiente y de la humedad; la búsqueda de alimento fue máxima a 25 °C y aproximadamente al 66% de la humedad relativa, esta situación probablemente debido a la mayor disponibilidad de recursos a humedades más altas; sin embargo, estos factores no definieron la actividad de alimentación por completo; los investigadores mencionan que, el comportamiento depende de cada especie, por ejemplo, *Atta laevigata* en climas tropicales esta regulado por factores intrínsecos a las colonias como los requerimientos nutricionales, mientras que, *Atta colombica*, *A. sexdens* y *A. cephalotes*, para evitar las altas temperaturas diurnas, forrajean en la noche y en estaciones húmedas lo hacen en el día, y *Atta mexicana* en invierno y primavera el comportamiento es diurno y en el verano es nocturno.

Nene y Col. (2016), en el estudio sobre comportamiento de los vuelos nupciales de *Oecophylla longinoda* y la relación con los factores climáticos, hallaron que, los días con mayores vuelos nupciales, sucedían cuando había mayor humedad relativa y menor brillo solar para evitar la desecación; la correlación de los vuelos con los parámetros climáticos se presentó únicamente en la primera parte de la temporada de apareamiento, posiblemente por el agotamiento de las relaciones sexuales en los nidos a medida que avanzaba esta época.

Kwon (2018), en seis bosques de roble, ubicados a lo largo del bosque Gwangneung, realizó el análisis de regresión múltiple para estimar la influencia de la temperatura en la usurpación de cebo

por otras especies. La comparación de usurpación, mostró que la intensidad de competición interespecífica es mayor a temperaturas intermedias que a temperaturas bajas o altas.; la riqueza de especies tuvo valores más altos en temperaturas intermedias. El autor explica que el calentamiento del clima podría conducir a cambios en las interacciones competitivas entre las hormigas y que en áreas de temperatura intermedia la competencia por la comida podría disminuir. Sin embargo, expone que es difícil predecir el cambio en las interacciones competitivas debido al calentamiento global, por ello, se sugieren evaluar la influencia de la temperatura y la competitividad en la abundancia y distribución de especies.

Rodríguez y Col. (2018), analizaron la variabilidad ambiental en la riqueza de especies, la estructura de las comunidades y la actividad diurna de las hormigas en un gradiente de perturbación en Tamaulipas (México), de 27 especies encontradas, siete respondieron positivamente al ambiente perturbado, durante la mañana; la abundancia de especies estuvo explicada por la temperatura y la humedad en un 64%.

Tiede y Col. (2017) analizaron la incidencia (suma de todas las ocurrencias de especies a 30 cebos), la riqueza de especies y la riqueza funcional de hormigas como indicadores de respuestas ecológicas al cambio ambiental, la degradación de los bosques y la depredación de artrópodos hervíboros, en la selva tropical del Ecuador. Ellos hallaron que, la incidencia de las hormigas disminuyó con la altitud, pero no cambió con la degradación del bosque y fue mayor durante la época más seca; la riqueza de especies estuvo altamente correlacionada con la incidencia y disminuyó con el incremento de la elevación y no cambió con la degradación del bosque. La depredación disminuyó con la altitud y fue mayor durante la estación húmeda y no cambió con la degradación del bosque y la riqueza funcional de las hormigas. Los resultados sugirieron que, la actividad de las hormigas son impulsores importantes de los procesos de los ecosistemas y que,

los cambios en la incidencia y la riqueza de las hormigas pueden usarse como indicadores efectivos de las respuestas a los cambios de temperatura y de la depredación dentro de los ecosistemas forestales mega diversos.

### **2.3 Recolección de especímenes de especies silvestres**

En el decreto No. 1376 del 27 de junio de 2013, por el cual se reglamenta el permiso individual de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial, indica que, “los artículos ocho, 27 y 59 de la constitución política señalan que, es obligación del estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación y garantizar las libertades de enseñanza, aprendizaje, investigación y cátedra, además de fortalecer la investigación científica en las universidades oficiales y privadas”, para ello, establecen los siguientes requerimientos: depositar los especímenes en una colección nacional registrada ante el Instituto de Recursos Biológicos -Alexander Von Humboldt, presentar informes de actividades relacionadas con el permiso, incluyendo la relación del material coleccionado; remitir copias de las publicaciones que se realicen sobre el proyecto, proporcionar al Sistema de Información en Biodiversidad de Colombia-SIB los datos de los especímenes recolectados y el responsable del permiso deberá hacer los muestreos adecuadamente, teniendo en cuenta el número total de muestras, frecuencia y sitios de muestreo, de forma en que no se alteren las especies o los ecosistemas por efectos de sobrecolectas y se generen impactos negativos (Decreto No. 1376 , 2013), por lo tanto, no es obligación crear comités de ética; de acuerdo con la ley Colombiana, se exige para proyectos de las áreas biomédicas en humanos y animales, según la resolución 2378 de 2008 y la ley 84 de 1989 (Ocampo et al. 2017).

### 3. Métodos

#### 3.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la vereda Altamira, en el municipio de Orito, departamento del Putumayo, entre  $0^{\circ}38'7.40''N$ ,  $76^{\circ}52'30.50''W$ . Altitud media 455 m.s.n.m., con temperatura media anual de  $24.7^{\circ}C$  y la precipitación alrededor del 3348 mm (Figura 1).

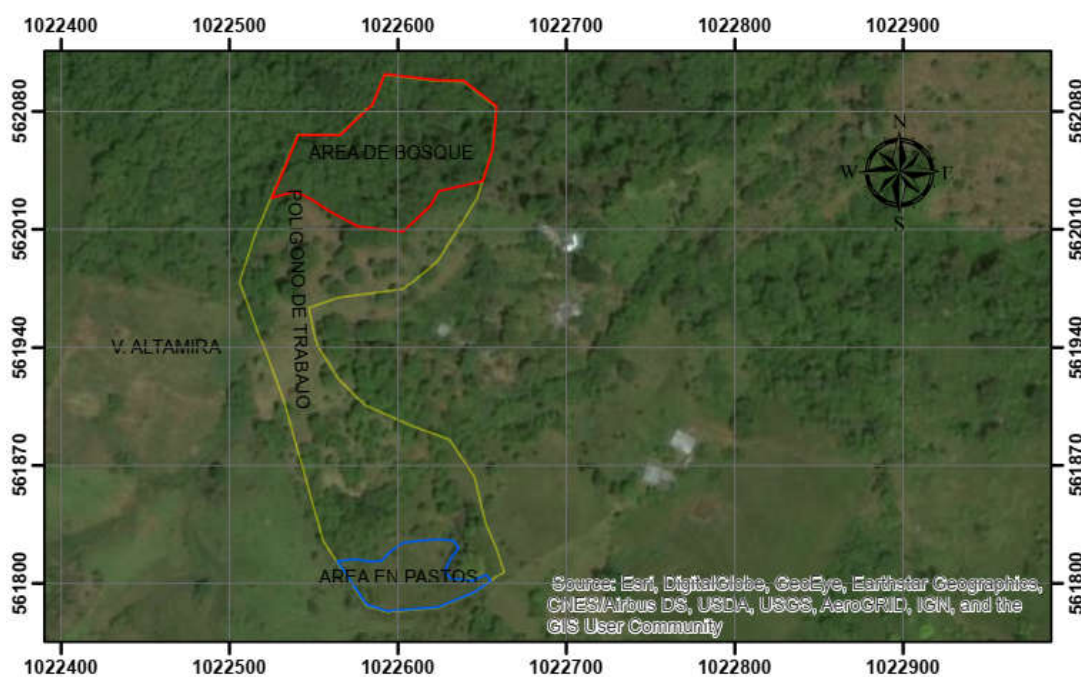


Figura 1. Ubicación geográfica sitio de muestreo.  
Polígono del trabajo: áreas de bosque y de pastos.

El bosque secundario tiene un área aproximada de Tres (3) ha; la vegetación encontrada está representada por: *Terminalia amazónica*, *Cecropia peltata*, *Oligantis discolor*, *Caryocar glabrum*, *Iriartea deltoidea*, *Picus crassiuscula* y *Ocotea javitensis*. Debido a que se encuentra ubicado en el piedemonte amazónico, tiene características ecológicas y ecosistémicas de gran importancia presentando altos niveles de diversidad de especies de fauna y flora, por lo que son considerados sitios de interés para la conservación biológica y la investigación. La matriz de pastizal se caracteriza por contener algunos arbustos de *Theobroma cacao*, que ya no están siendo cultivados.

### **3.2 Sitios de muestreo y trabajo con hormigas**

El estudio se realizó durante seis meses; una vez por mes se visitó el fragmento de bosque secundario y la matriz (Potrero). En cada zona de estudio se trazó un transecto lineal de 100 m, cada uno separado por 250 m. La autoridad ambiental del departamento del Putumayo, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía (CORPOAMAZONIA), otorgó permiso individual de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines NO comerciales a través de la resolución DTP No. 01038 de 21 de agosto de 2018, Expediente: PE-06-86-320-X-045-056-18.

#### **3.2.1 Unidades de muestreo.**

En cada zona de estudio se trazaron dos transectos lineales de 100 m cada uno separados entre sí por 250 m (Figura 2). En cada transecto se dispusieron 10 estaciones separadas por una distancia de 10 m entre sí. En cada estación se ubicó una trampa de caída y tres cebos corner con atún y azúcar localizados en cada estrato: un cebo arbóreo (en el fragmento de bosque), uno hipogeo y otro epigeo (Figura 3). Para cada zona de estudio se tomó como unidades muestrales los transectos (Aldana y Chacón, 1999).

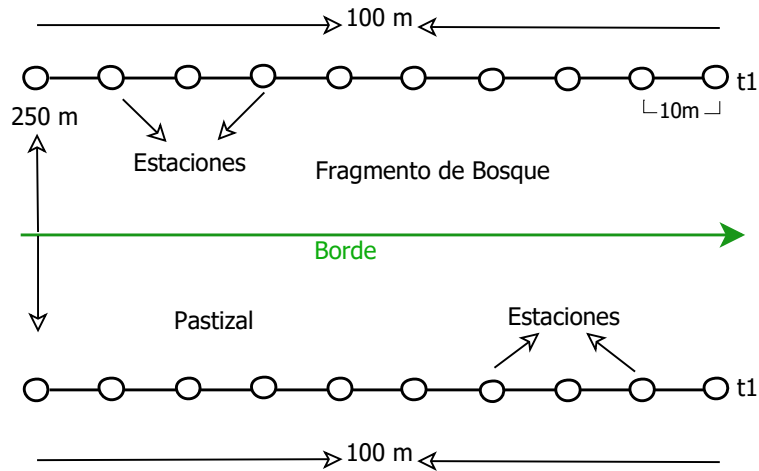


Figura 2. Esquema del diseño de los transectos usados en el estudio. Unidades de muestreo, t1: transecto uno, ubicados en cada hábitat de estudio (fragmento de bosque y matriz- pastizal).

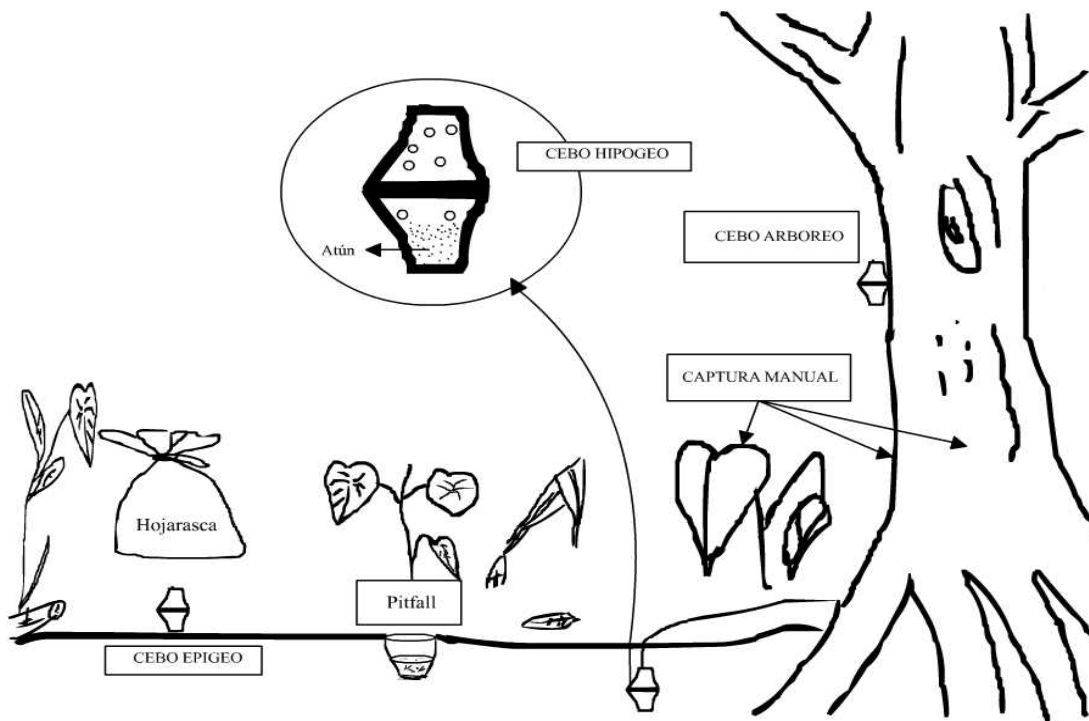
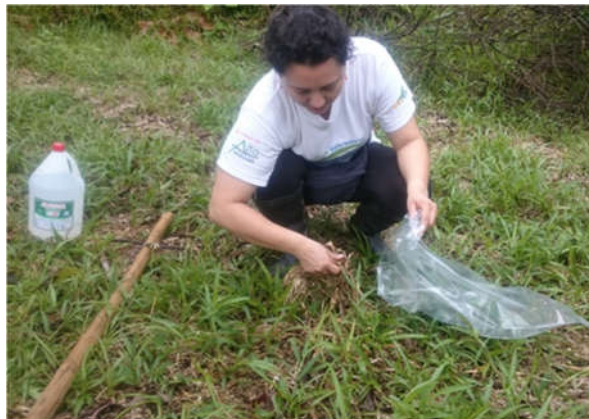


Figura 3. Esquema de una estación de muestreo. Tomada de Armbrrecht, 1996. Técnicas de muestreo usadas en cada estación: trampas con cebo hipogeo, epigeo y arbóreo, trampa de caída, trampa pitfall, captura manual y colecta de hojarasca.

### 3.2.2 Trabajo con hormigas.

En cada transecto, entre trampa y trampa se realizaron inspecciones de colecta manual, en un tiempo fijo de 10 minutos en sitios como la hojarasca, los troncos caídos y bajo las piedras (Gallego, 2005) para un total aproximado de dos horas y media / una persona por día. Para realizar colecta de hormigas en hojarasca se tomaron diez muestras de esta, en cada transecto, utilizando una cuadrícula de 1m de lado (Estrada & Fernández, 1999) en cada estación (figura 4). De la hojarasca se extrajeron los especímenes mediante sacos winkler, los cuales se expusieron durante 60 horas.



*Figura 4.* Colecta de hormigas en hojarasca.  
Ubicación de cuadrículas de 1 metro cuadrado y recolección de hojarasca en bolsas plásticas.

Las trampas de caída, las cuales consisten en vasos desechables de 14 onzas (Chacón, Com. Pers.), se instalaron a ras del suelo y se llenaron con alcohol al 70% hasta un tercio de su capacidad (figura. 5). En estas, las hormigas que forrajean sobre la superficie del suelo, ya sea durante el día o durante la noche, caen por accidente en el vaso (Andrade et al. 1996). Las hormigas que cayeron en este tipo de trampas fueron colectadas después de 24 horas (Agosti et al. 2000).



*Figura 5.* Ubicación trampa de caída.  
Vasos enterrados provistos de alcohol, cubiertos con hojas y palos secos.

Las trampas con cebo, las cuales consisten en vasos desechables pequeños provistos en su interior de atún con azúcar, se colocaron en troncos de árboles a 1.50 m de altura para las trampas arbóreas, para las trampas hipogeas enterrados aproximadamente a 10 cm de profundidad y las trampas epígeas en la superficie del suelo (Figura. 6). Las hormigas que caen en este tipo de trampa se colectaron después de cuatro horas, y posteriormente se conservaron de manera individual (por trampa) en alcohol al 70% (Estrada y Fernández, 1999).



a

b

c

*Figura 6.* Ubicación de la trampa arbórea (a), hipogea (b) y epigea (c).  
Vasos con cebo de atún y azúcar; arbóreos a 1.50 metros, hipógeos enterrados a 10 centímetros y epígeos en la superficie del suelo.

### 3.2.3 Medición de variables abióticas.

En cada hábitat de estudio, fragmento de bosque y matriz, se midió cada mes durante los seis meses de trabajo de campo, las siguientes variables que se ha demostrado afectan la abundancia y diversidad de insectos (Estrada y Fernández, 1999) y ayudan a caracterizar mejor los lugares de estudio.

**3.2.3.1 Temperatura a nivel del suelo.** Se midió en cada estación, con un termómetro de suelo (figura.7). El termómetro se introdujo en el suelo y se dejó durante tres minutos para luego hacer la lectura respectiva. Para disminuir los sesgos debido a las fluctuaciones diarias de temperatura se hicieron dos tomas en cada punto en dos vueltas, es decir, temprano en la mañana, al instalar las estaciones por cada zona de estudio y en horas de la tarde (Armbrecht, 1996).



*Figura 7.* Medición de la variable ambiental temperatura del suelo. Ubicación del termómetro de suelo, expuesto durante tres minutos.

**3.2.3.2 Temperatura ambiente y humedad relativa.** Se midió en cada estación, con un termohigrómetro. El termohigrómetro se dejó durante tres minutos para hacer la lectura de la temperatura ambiente y la humedad relativa (figura. 8). Con el fin de disminuir los sesgos debido a las fluctuaciones diarias de temperatura y humedad se hicieron dos tomas en cada punto en dos vueltas, es decir, temprano en la mañana, al instalar las estaciones por cada zona de estudio y en horas de la tarde (Armbrecht, 1996).



*Figura 8.* Medición de la temperatura ambiente y la humedad relativa. Ubicación del termohigrómetro, expuesto durante tres minutos

### **3.3 Trabajo de laboratorio**

Los especímenes coleccionados se preservaron en frascos con alcohol al 70%, debidamente rotulados, y posteriormente se separaron por morfoespecie; la identificación se hizo con las claves del libro de Colombia de Fernández y Col. (2019) (figura.9). Los especímenes colectados se depositaron en la colección de entomología de la Universidad de Nariño, la cual se encuentra registrada en el Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.



*Figura 9.* Identificación de taxones.

Uso de estereoscopio para la separación de morfoespecies mediante características morfológicas e identificación de géneros y especies con las claves del libro de Colombia de Fernández y Col. (2019).

### **3.4 Análisis ecológico**

La abundancia de cada especie de hormiga se estimó con el número de capturas y no con el número de individuos, debido a que, en las trampas con cebo pueden caer cientos de hormigas y pueden sesgar los datos; así puede haber cientos de obreras de la misma especie reclutadas en el cebo de una trampa, pero se cuenta como una sola captura para esa especie (Armbrecht, 1996).

Para determinar la representatividad del muestreo se hizo una curva de acumulación de especies. Se empleó el índice de Shanon-Wiener para determinar la diversidad de cada hábitat de estudio (fragmento de bosque y matriz) y cada estación. Se realizó la prueba T - Hutchinson con los datos de diversidad por estación y una prueba de T-Student con los datos de riqueza por estación, usando el programa Excel.

Entre los sitios de estudio se calculó la diversidad beta mediante el índice de similitud o disimilitud de Jaccard, el índice de reemplazo de especies de Whittaker y el índice de

complementariedad. Se realizó con el índice de Jaccard un dendograma de similitud mediante el programa Past 3 (Ryan et al. 2001).

La diversidad y riqueza de cada estación calculadas en cada mes de muestreo, se usaron posteriormente para analizarlas con los promedios de las variables ambientales (temperatura ambiente, temperatura del suelo y humedad relativa) tomadas en cada estación, mediante el análisis de regresión de Poisson con el procedimiento de modelos lineales generalizados (GLM) del software R commander (R Core Team, 2019).

Mediante el análisis de componentes principales se calcularon los propios vectores y propios valores, con los datos morfoespecies encontradas y los promedios de las variables ambientales temperatura ambiente, temperatura del suelo y humedad relativa a través del programa R commander (R Core Team, 2019).

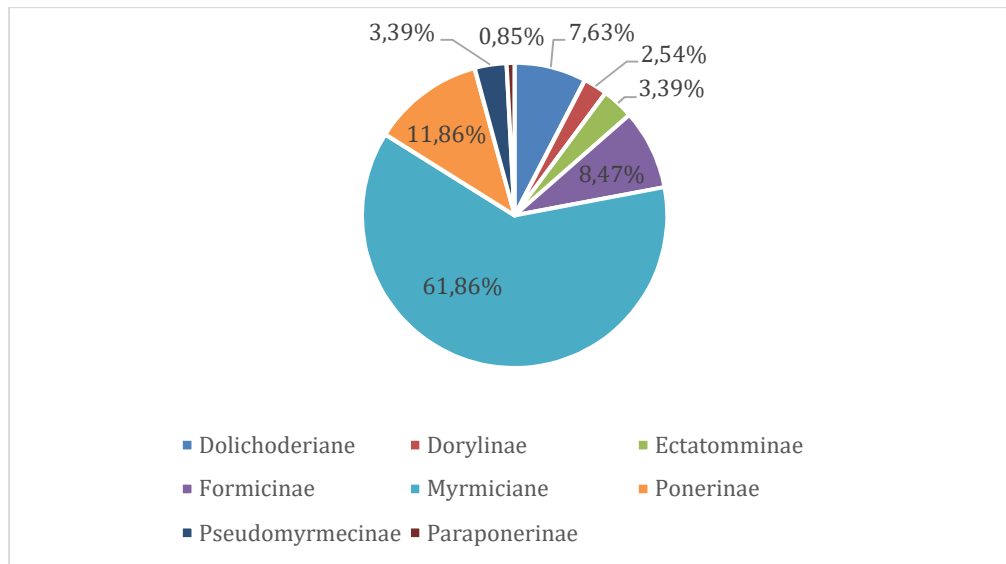
## **4. Resultados**

### **4.1 Composición general de la mimercofauna**

Se colectó en total 118 morfoespecies, representadas en 8 subfamilias y 41 géneros. En la actualidad se presenta el reporte de 1166 especies, 11 subfamilias y 105 géneros para Colombia, representando el 81 % de géneros y el 34% de especies en el Neotrópico (Fernández et al. 2019). Si estos datos permanecen cercanos a esta cifra, las 118 morfoespecies encontradas en este estudio, representarían 3.47% en especies, el 72.72% en familias y el 31.78% de los géneros para el Neotrópico.

En orden de riqueza las Subfamilias encontradas fue: Myrmicinae, Ponerinae, Formicinae, Dolichoderinae; Ectatomminae y Pseudomyrmecinae obtuvieron el mismo porcentaje de riqueza,

consecutivamente siguió Dorylinae y por último Paraponerinae, con su única especie *Paraponera clavata*.



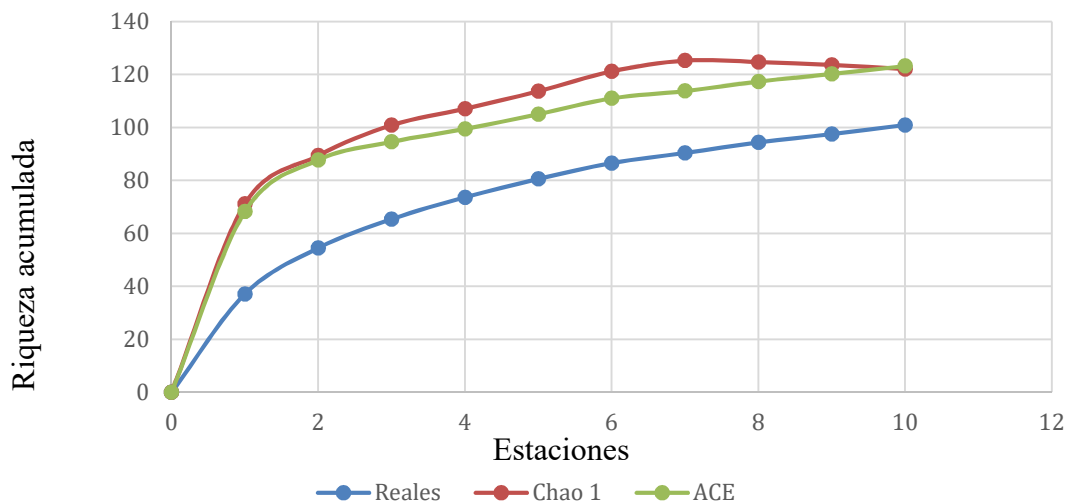
*Figura 10.* Distribución taxonómica por subfamilia del total de las especies de hormigas encontradas durante el estudio (n=118).

n: número de morfoespecies; %: porcentaje en relación al número de morfoespecies encontradas y especies por subfamilias.

La subfamilia Myrmicinae, fue la de mayor representación con 18 géneros y 73 especies, la dominancia de esta sobre las demás, se debe a su diversidad de hábitos, hábitats (Pérez et al. 2009) y diversidad taxonómica (Fernández et al. 2019), seguida por las subfamilias Ponerinae con 9 géneros y 14 especies, formicidae con 4 géneros y 10 especies, Dolichoderinae con 4 géneros y 9 especies, Ectatomminae y Pseudomyrmecinae con 1 género y 4 especies, Dorylinae con 3 géneros y 3 especies, y Paraponerinae con su único género y especie. Las subfamilias Ponerinae y Formicinae, resultaron ser las más dominantes en especies, después de Myrmicinae, porque son cosmopolitas (Fernández et al. 2019). Las subfamilias se distribuyeron tanto en el fragmento de bosque como en la matriz.

#### 4.2 Índices de diversidad y riqueza de hormigas en el fragmento de bosque de piedemonte amazónico y en la matriz de pastizal

Con el programa IBM spss statistics (IBM Corporación, 2017), se realizaron las curvas de acumulación de especies en el bosque y en la matriz; estas curvas permiten observar si el muestreo de las hormigas fue representativo en los lugares estudiados. En el bosque el índice de CHAO indicó que, se capturaron el 82.7% de las hormigas que realmente se encuentran en el sitio, mientras que, el índice de ACE reveló que, se muestreo el 81.93% de las hormigas, y en la matriz el índice de Chao 1 indicó que, se muestreo el 71.45% de la fauna de hormigas y el índice de ACE mostró que, fue colectado el 78.39% de las especies.



*Figura 11.* Representatividad del muestreo de acuerdo a la riqueza acumulada del bosque. Riqueza acumulada en las diez estaciones, durante los seis meses de muestreo. Reales: especies capturadas en la investigación. Chao 1: índice de Chao basado en abundancias. ACE: índice de ACE (abundance coverage estimator), divide las especies presentes en una muestra en abundantes y raras.

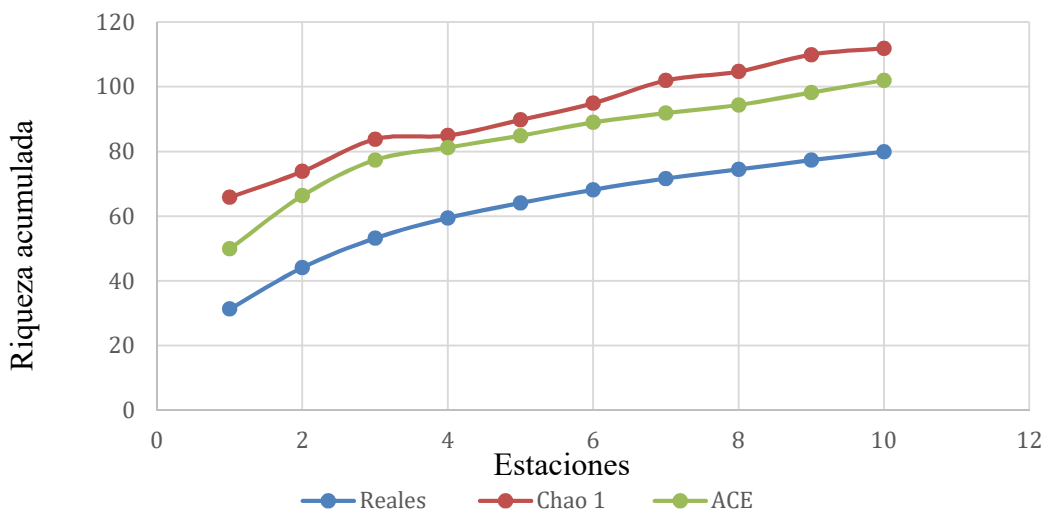


Figura 12. Representatividad del muestreo de acuerdo a la riqueza acumulada de la matriz (Pastizal).

Riqueza acumulada en las diez estaciones, durante los seis meses de muestreo. Reales: especies capturadas en la investigación. Chao 1: índice de Chao basado en abundancias. ACE: índice de ACE (abundance coverage estimator), divide las especies presentes en una muestra en abundantes y raras.

El sitio con mayor riqueza de especies e índice de diversidad fue el bosque (tabla 1), como se observa existe una relación entre el número de especies y la diversidad con el estado de conservación. En el fragmento de bosque también el índice de Pielou fue mayor con respecto a la matriz, por lo tanto, hay mayor equitabilidad, es decir que, los individuos se reparten los recursos o se reparte el número de individuos de las diferentes especies de manera equitativa (Dorado, 2010).

Tabla 1. Medidas de diversidad aplicadas en los sitios de estudio (bosque y pastizal)

Sitio	Riqueza (S)	Diversidad (H)	Equidad de Pielou (J')
Bosque	101	3,825	0,82
Pastizal	80	3,506	0,80

Nota: S: número de especies presentes en el sitio. H: índice de diversidad de Shannon, valores menores a 2 indican diversidad baja y mayores a 3 diversidad alta. J': índice de equidad de Pielou, valores de 0 a 1, dónde 1 las especies son igualmente abundantes o se reparten los recursos equitativamente.

El estadístico t-Hutchinson indicó que la diversidad de hormigas por estación en bosque no es igual a la diversidad por estación en la matriz ( $t = 239$ ,  $t_{0.05(2)1436} = 1.96$ ), así mismo, la prueba de T-Student mostró que, existen diferencias significativas entre las riquezas por estación entre el bosque y la matriz ( $t(10) = 2,26$ ;  $p=0.025$ ) (tabla 2 y tabla 3).

Tabla 2. *Medidas de diversidad en el bosque aplicadas en las diez estaciones de muestreo (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10)*

INDICES DE DIVERSIDAD	BOSQUE									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
S (Riqueza)	43	33	33	30	38	39	31	44	42	39
SHANNON (H')	3,24	3	3,12	2,94	3,16	3,31	3,24	3,59	3,42	3,46
N1	25,58	20,11	22,6	18,95	23,64	27,47	25,43	36,27	30,57	32,04
N2	1,068	1,093	1,061	1,086	1,073	1,05	1,05	1,035	1,045	1,038

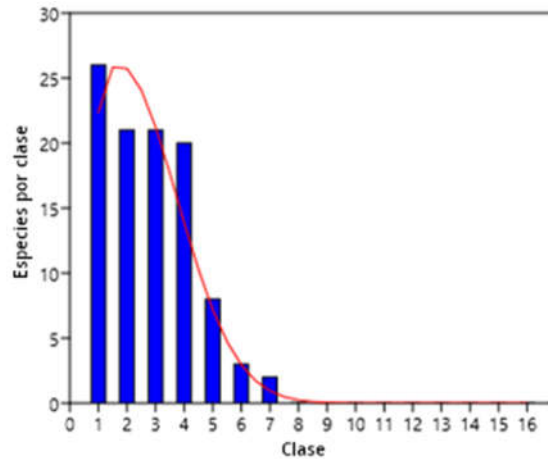
*Nota:* S: número de especies de cada estación. H': índice de diversidad de Shannon por estación. N1: número de Hill que expresa el número de especies abundantes en la estación. N2: número de Hill que expresa el número de especies muy abundantes en la estación.

Tabla 3. *Medidas de diversidad en la matriz aplicadas en las diez estaciones de muestreo (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10)*

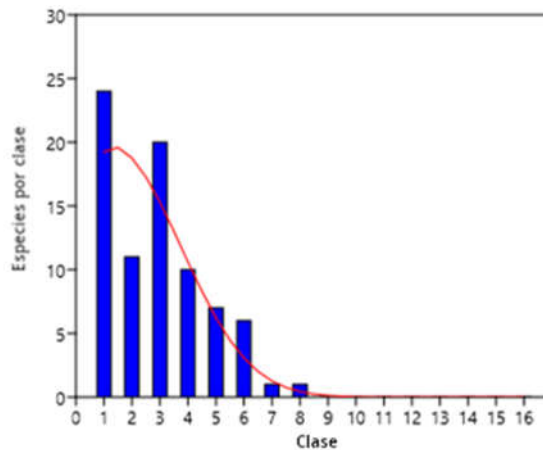
INDICES DE DIVERSIDAD	PASTIZAL									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
S (Riqueza)	34	30	31	35	37	34	30	28	26	21
SHANNON (H')	3,17	3,11	3,14	3,18	3,23	3,07	3	2,93	2,88	2,79
N1	23,71	22,51	22,99	24,07	25,28	21,63	20,09	18,75	17,81	16,31
N2	1,063	1,06	1,059	1,06	1,06	1,083	1,079	1,084	1,092	1,082

*Nota:* S: número de especies de cada estación. H': índice de diversidad de Shannon por estación. N1: número de Hill que expresa el número de especies abundantes en la estación. N2: número de Hill que expresa el número de especies muy abundantes en la estación.

La distribución de especies, en los sitios estudiados se ajustó a una distribución log normal. El bosque estuvo dominado por dos especies (figura 13) *Camponotus sp 3* y *Crematogaster sp1* y la matriz (figura 14) dominada al igual que el bosque por la especie *Crematogaster sp1*.



*Figura 13.* Distribución de abundancias de las especies en bosque. Clase: duplicación del tamaño de la población. Especies por clase: frecuencias de las especies frente a sus respectivas clases de abundancia en escala logarítmica.



*Figura 14.* Distribución de abundancia de las especies en la matriz. Clase: duplicación del tamaño de la población. Especies por clase: frecuencias de las especies frente a sus respectivas clases de abundancia en escala logarítmica.

### 4.3 Índices de diversidad Beta y análisis de agrupamiento

El índice de Jaccard mostró que, el fragmento de bosque y la matriz (pastizal), son sitios parecidos en cuanto a su composición de hormigas, compartiendo el 53.3% de las especies colectadas (Figura 15). El valor calculado del índice de complementariedad entre el bosque y el potrero fue de 0.479, expresando que, estos difieren en un 47.9 %, (tabla 4). El índice de diversidad Beta, que indica el cambio de la composición de especies en los lugares estudiados, fue de 0.30.

Tabla 4. *Resultados de los índices de diversidad Beta en el fragmento de bosque (B) y en la matriz (P)*

INDICES DE DIVERSIDAD BETA	B-P
Índice de Jaccard	0,533
Índice de Wittaker	0,304
Índice de complementariedad	0,479

*Nota:* Índice de Jaccard, los intervalos tienen valores de 0 a 1, donde 0 significa que los hábitats no presentan especies en común y tiende a 1 cuando aumenta el número de especies compartidas. El índice de complementariedad, posee valores de 0 a 1; 0 cuando las especies en los hábitats son idénticas y 1 cuando son totalmente diferentes. El índice de Wittaker, cuando es 0 no hay especies compartidas y 1 cuando tienen la misma composición de especies.

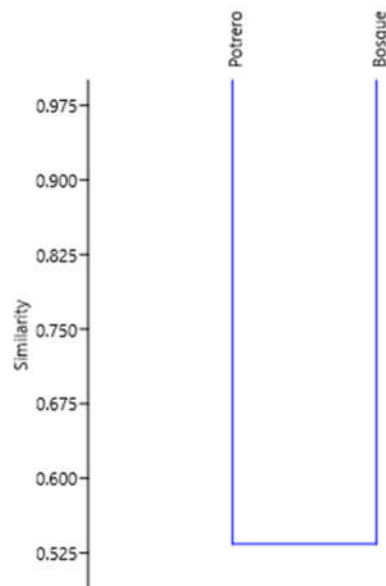


Figura 15. Dendrograma de similitud entre los sitios muestreados (usando el índice de Jaccard). La similitud entre los hábitats, potrero y bosque fue del 0.533, en porcentaje: 53.3.

#### 4.4 Especies compartidas y exclusivas entre los sitios de estudio

El bosque y la matriz compartieron 63 taxas (tabla 5); el bosque tuvo 38 especies exclusivas (tabla 6) mientras que, el potrero 17 (tabla 7).

Tabla 5. *Especies comunes entre los sitios de estudio (Bosque y pastizal)*

ESPECIES Y MORFOESPECIES COMUNES			
<i>Rasopone sp1</i>	<i>Pheidole sp5</i>	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	<i>Aphaenogaster sp4</i>
<i>Solenopsis sp1</i>	<i>Solenopsis sp2</i>	<i>Neoponera apicalis</i>	<i>Crematogaster sp2</i>
<i>Pheidole sp1</i>	<i>Pheidole sp6</i>	<i>Brachymyrmex sp1</i>	<i>Megalomyrmex sp1</i>
<i>Hypoponera sp1</i>	<i>Pheidole sp7</i>	<i>Gigantiops destructor</i>	<i>Solenopsis sp8</i>
<i>Crematogaster sp1</i>	<i>Forelius sp1</i>	<i>Ectatomma sp2</i>	<i>Pheidole sp12</i>
<i>Cyphomyrmex sp2</i>	<i>Pheidole sp8</i>	<i>Pheidole sp10</i>	<i>Crematogaster sp3</i>
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i>	<i>Solenopsis sp3</i>	<i>Ectatomma sp3</i>	<i>Crematogaster sp4</i>
<i>Pheidole sp2</i>	<i>Pheidole sp9</i>	<i>Linepithema sp1</i>	<i>Pseudomyrmex sp3</i>
<i>Pheidole sp3</i>	<i>Camponotus sp2</i>	<i>Mayaponera sp1</i>	<i>Odontomachus erythrocephalus</i>
<i>Odontomachus sp1</i>	<i>Solenopsis sp4</i>	<i>Paraponera clavata</i>	<i>Crematogaster sp5</i>
<i>Trachymyrmex sp 1</i>	<i>Ectatomma sp1</i>	<i>Cephalotes sp1</i>	<i>Paratrechina sp</i>
<i>Strumigenys sp3</i>	<i>Camponotus sp3</i>	<i>Brachymyrmex sp2</i>	<i>Solenopsis sp9</i>
<i>Wasmannia auropunctata</i>	<i>Aphaenogaster sp1</i>	<i>Dolichoderus sp3</i>	<i>Brachymyrmex sp4</i>
<i>Pachycondyla sp1</i>	<i>Labidus sp1</i>	<i>Azteca sp1</i>	<i>Cyphomyrmex sp3</i>
<i>Camponotus sp1</i>	<i>Neoponera sp1</i>	<i>Gnamptogenys sp1</i>	<i>Pheidole sp21</i>
<i>Pheidole sp4</i>	<i>Solenopsis sp5</i>	<i>Solenopsis sp6</i>	

Tabla 6. *Especies exclusivas de bosque*

BOSQUE		
<i>Apterostigma sp1</i>	<i>Procryptocerus sp</i>	<i>Neivamyrmex sp2</i>
<i>Strumigenys sp1</i>	<i>Myrmicocrypta sp2</i>	<i>Pheidole sp16</i>
<i>Carebara sp1</i>	<i>Megalomyrmex cuatiara</i>	<i>Pheidole sp17</i>
<i>Cyphomyrmex sp1</i>	<i>Dolichoderus sp4</i>	<i>Carebara sp2</i>
<i>Strumigenys sp4</i>	<i>Anochetus sp1</i>	<i>Pheidole sp18</i>
<i>Basiceros sp1</i>	<i>Cephalotes sp2</i>	<i>Pheidole sp19</i>
<i>Aphaenogaster sp2</i>	<i>Neoponera sp2</i>	<i>Brachymyrmex sp3</i>
<i>Aphanoegater sp3</i>	<i>Platythyrea angusta</i>	<i>Pheidole sp20</i>
<i>Dolichoderus sp1</i>	<i>Gnamptogenys sp2</i>	<i>Neoponera sp3</i>
<i>Myrmicocrypta sp1</i>	<i>Pheidole sp14</i>	<i>Camponotus sp4</i>
<i>Apterostigma sp2</i>	<i>Pheidole sp15</i>	<i>Aphaenogaster sp5</i>
<i>Dolichoderus sp2</i>	<i>Eciton sp1</i>	<i>Pheidole sp23</i>
<i>Pheidole sp24</i>	<i>Trachymyrmex sp2</i>	

Tabla 7. *Especies exclusivas en la matriz (pastizal)*

PASTIZAL		
<i>Dolichoderus bispinosus</i>	<i>Rogeria sp1</i>	<i>Pheidole sp25</i>
<i>Dolichoderus sp5</i>	<i>Pheidole sp13</i>	<i>Crematogaster sp6</i>
<i>Neivamyrmex sp1</i>	<i>Pheidole sp22</i>	<i>Pseudomyrmex sp1</i>
<i>strumigenys sp2</i>	<i>Nesomyrmex asper</i>	<i>Pseudomyrmex sp2</i>
<i>Pheidole sp 11</i>	<i>Solenopsis sp10</i>	<i>Pseudomyrmex termitarius</i>
<i>Solenopsis sp7</i>	<i>Strumigenys sp5</i>	

Con respecto a los géneros encontrados, *Aphaenogaster* y *Nesomyrmex* no se registran para el departamento del Putumayo (SShattuck, 2010) y se ha estudiado poco sobre la biología de estos (Fernández et al. 2019). Teniendo en cuenta la distribución de los géneros en el fragmento de bosque y la matriz, se encuentran algunos que, por haber sido capturadas con frecuencias bajas (1-3) las especies de estos grupos, es difícil decir que, están restringidas a un hábitat en particular, cómo son: *Anochetus*, *Basiceros*, *Carebara*, *Eciton*, *Myrmicocrypta*, *Platythyrea* y *Procryptocerus* ubicadas en el bosque, y *Nesomyrmex* y *Rogeria* encontradas en el potrero; no hay publicaciones sobre la biología de *Rogeria*, sin embargo se sabe que prefieren los bosques y que se distribuyen desde los 100 hasta los 1200 metros de altitud (Fernández et al. 2019). El género *Apterostigma* se encontró únicamente en el bosque y con mayor frecuencia, respecto a las demás. *Aphaenogaster*, *Azteca*, *Brachymyrmex*, *Camponotus*, *Cephalotes*, *Ochetomyrmex*, *Crematogaster*, *Cyphomyrmex*, *Dolichoderus*, *Ectatomma*, *Forelius*, *Gigantiops*, *Gnamptogenys*, *Hypoponera*, *Labidus*, *Linepithema*, *Mayaponera*, *Megalomyrmex*, *Neivamyrmex*, *Neoponera*, *Odontomachus*, *Pachycondyla*, *Paraponera*, *Paratrechina*, *Pheidole*, *Pseudomyrmex*, *Rasopone*, *Solenopsis*, *Strumigenys*, *Trachymyrmex* y *Wasmannia*, aparecieron en los dos sitios estudiados.

Según la distribución de las hormigas que fueron identificadas hasta especie, se encontró que: *Megalomyrmex cuatiara* y *Platythyrea angusta*, se colectaron únicamente en bosque, pero no se puede afirmar que están restringidas a ese hábitat porque su frecuencia de captura fue de 1. La

misma situación sobre frecuencias bajas ocurrió con las especies encontradas en la matriz: *Nesomyrmex asper* con frecuencia de 1, y *Dolichoderus bispinosus* y *Pseudomyrmex termitarius*, con frecuencias de 5 y 4 respectivamente; *Ochetomyrmex neopolitus*, *Ectatomma tuberculatum*, *Gigantiops destructor*, *Neoponera apicalis*, *Odontomachus erythrocephalus*, *Paraponera clavata* y *Wasmannia auropunctata*, se distribuyeron en los dos hábitats estudiados (Apéndice A).

#### 4.5 Relación de las variables ambientales (temperatura del suelo, temperatura ambiente y humedad relativa) con el ensamblaje de hormigas en el fragmento de bosque y en la matriz.

En el bosque y en la matriz, el modelo de regresión de Poisson probado con las variables ambientales estudiadas, indicó que, no hubo relación entre las variables temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura del suelo y la diversidad por estación. La riqueza por estación en la matriz, no se relacionó con las variables, temperatura ambiente y humedad relativa, mientras que, la temperatura del suelo mostró una diferencia significativa. En el bosque, la riqueza no estuvo relacionada con las variables ambientales (tabla 8).

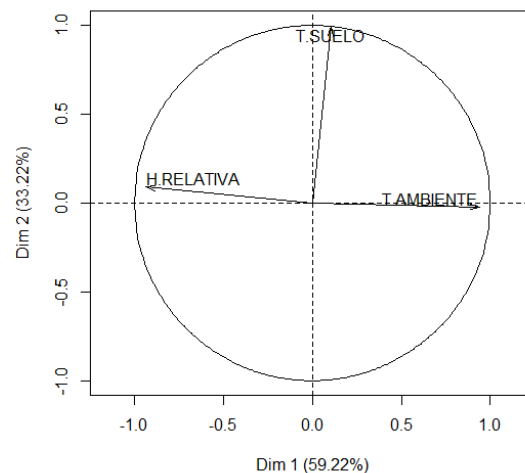
Tabla 8. Resultados de los modelos lineales generalizados entre las variables ambientales medidas (Variables explicativas) y los parámetros de riqueza y diversidad (variables de respuesta)

VARIABLES DE RESPUESTA	VARIABLES EXPLICATIVAS	BOSQUE	MATRIZ
Riqueza	Humedad Relativa	Z = -1,038; p = 0,299	Z = 0,518; p = 0,6045
	Temperatura ambiente	Z = 0,126; p = 0,899	Z = -1,330; p = 0,1835
	Temperatura del suelo	Z = -1,117; p = 0,264	<b>Z = 2,015; p = 0,0439*</b>
Diversidad	Humedad Relativa	Z = -0,206; p = 0,837	Z = 0,072; p = 0,943
	Temperatura ambiente	Z = -0,002; p = 0,998	Z = -0,450; p = 0,653
	Temperatura del suelo	Z = -0,217; p = 0,829	Z = 0,300; p = 0,764

Nota: \* Valor significativo  $p < 0.05$ .

En el bosque el análisis de componentes principales (ACP) realizado con los datos de las especies encontradas y los promedios de las variables ambientales: temperatura ambiente, temperatura del suelo y humedad relativa, mostró que, los valores propios del primer componente explica el 59.22% de las variables, el segundo componente el 33.22%, para un valor acumulado entre los dos componentes del 94.28% y el tercer componente explica el 7.56%; los tres componentes explican el 100% de las variables.

El análisis aisló los datos en cuatro cluster: 1, 2, 3 y 4 (apéndice B) de aquí en adelante llamados grupos. Al superponer el círculo de correlaciones (figura 16) y el plano principal (figura 17), indicaron que, las especies del grupo uno, no están asociadas a ninguna de las variables ambientales medidas, mientras que, las hormigas del grupo dos se relacionaron con la humedad relativa y la temperatura del suelo; las hormigas del grupo tres, estuvieron vinculadas a la humedad relativa, la temperatura del suelo y la temperatura ambiente; las especies del grupo cuatro, se asociaron a la temperatura ambiente, *Paraponera clavata* se diferencia del grupo porque prefirieron humedades relativas más altas.



*Figura 16.* Círculo de correlaciones de las variables en el bosque.

El ángulo con el eje (componente) indica la importancia de la variable en ese eje, y la extensión de la flecha, el porcentaje de variabilidad de la variable en ese mismo eje. D1: componente uno. D2: componente dos.



humedad relativa, temperatura ambiente y temperatura del suelo y las hormigas del grupo cinco, estuvieron asociadas a la temperatura ambiente.

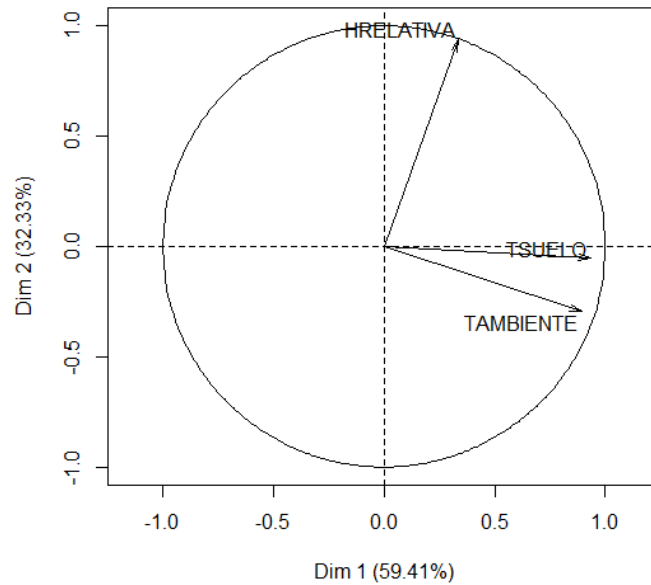


Figura 18. Círculo de correlaciones de las variables en la matriz.

El ángulo con el eje (componente) indica la importancia de la variable en ese eje, y la extensión de la flecha, el porcentaje de variabilidad de la variable en ese mismo eje. D1: componente uno. D2: componente dos.

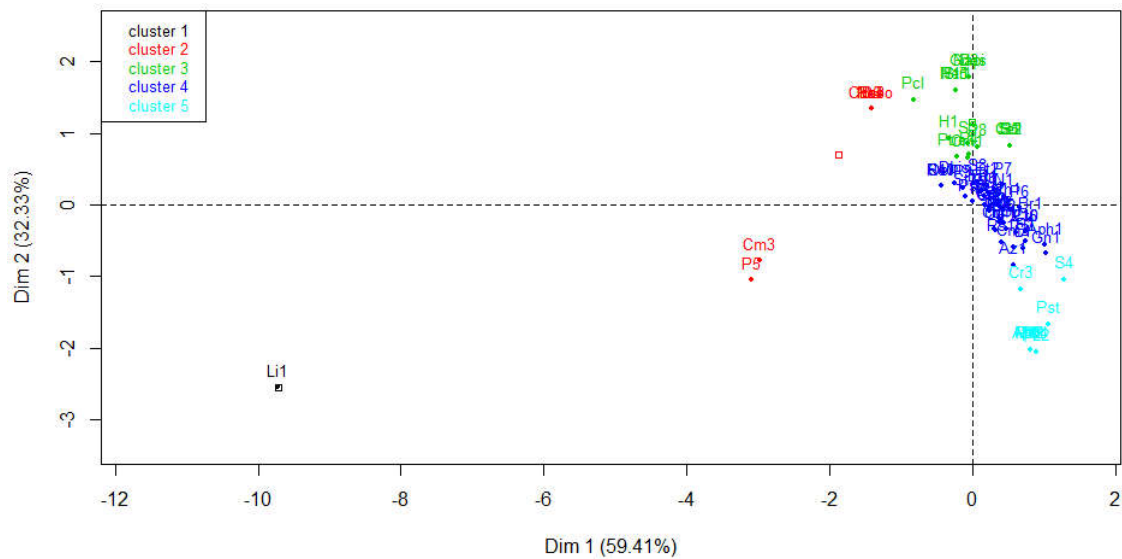


Figura 19. Plano principal de las especies en la matriz.

Análisis de componentes principales para las variables ambientales (variables predictoras), y los grupos de hormigas (clúster 1, clúster 2, clúster 3, clúster 4 y clúster 5). Dim 1: componente uno. Dim 2: Componente 2.

A partir de estos resultados se evidenció que, el patrón de asociación de algunas especies con las variables no cambió entre los sitios; *Pheidole sp12* y *Crematogaster sp3* se relacionaron con la temperatura ambiente y las especies que se indican en la tabla 9, se correlacionaron con la temperatura ambiente, la humedad relativa y la temperatura del suelo. Respecto a las demás especies no es posible inferir relaciones con las variables ambientales porque el comportamiento en los hábitats es diferente.

Tabla 9. *Especies asociadas a la temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura de suelo en bosque y matriz*

ESPECIES		
<i>Solenopsis sp1</i>	<i>Neoponera sp1</i>	<i>Wasmannia auropunctata</i>
<i>Pheidole sp1</i>	<i>Solenopsis sp8</i>	<i>Pachycondyla sp1</i>
<i>Crematogaster sp1</i>	<i>Crematogaster sp4</i>	<i>Solenopsis sp2</i>
<i>Cyphomyrmex sp2</i>	<i>Crematogaster sp5</i>	<i>Pheidole sp6</i>
<i>Pheidole sp2</i>	<i>Solenopsis sp9</i>	<i>Forelius sp1</i>
<i>Pheidole sp3</i>	<i>Cyphomyrmex sp3</i>	<i>Pheidole sp9</i>
<i>Odontomachus sp1</i>	<i>Pheidole sp21</i>	<i>Aphaenogaster sp1</i>
<i>Brachymyrmex sp1</i>	<i>Ectatomma sp2</i>	<i>Brachymyrmex sp2</i>
<i>Labidus sp1</i>	<i>Azteca sp1</i>	<i>Crematogaster sp2</i>
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	<i>Mayaponera sp1</i>	

## 5. Discusión

Al comparar los resultados de este estudio con lugares con condiciones físicas similares y con métodos de muestreos parecidos que, pueden suministrar idea del número importante de las especies de hormigas observadas en este proyecto, se encuentra el de Pérez y Col. (2009) los cuales, en sitios de área boscosa inundada por ríos de aguas blancas y Bosque de Tierra Firme, en Leticia Amazonas, a una altitud de 82 m, temperatura promedio de 25.8 °C y precipitación media

anual de 3248 mm, hallaron 237 especies de hormigas, correspondiendo los taxos de este estudio al 49% de las encontradas por dichos investigadores. En cuanto a las 25 especies reportadas para el departamento del Putumayo (Antweb, 2002), estas solamente concuerdan en un 21.19% de las halladas.

En esta investigación, las curvas de acumulación de especies en el bosque y en la matriz; indicaron que, el muestreo realizado fue eficiente, porque se estimó el número de especies potencialmente capturables (Halfpeter et al. 2001). Respecto a la riqueza de especies y diversidad se encontró relación entre el estado de conservación, guardando similaridad con los trabajos de Abadía y Col. (2010) y el de Sanabria y Chacón (2011); en el primero encuentran mayor riqueza en los bosques respecto a los pastizales, debido a que, las hormigas dependen de la cobertura boscosa, porque les ofrece mayor sitios de nidificación y en el segundo la mayor diversidad se encuentra en el sistema agroforestal, explicado por la preferencia de las hormigas a los hábitats de cobertura boscosa, variedad de sustratos para anidar (suelo, hojarasca y troncos caídos), microclima constante y mayor oferta de recursos alimenticios, y difiere con el estudio de Tiede y Col. (2017), los cuales identifican que, la riqueza de especies no cambia con la degradación del bosque.

Las diferencias presentadas de la diversidad y riqueza por estación entre el bosque y la matriz, probablemente es causada a la cobertura y diversidad vegetal, al tipo de suelo y la presencia de especies no nativas (Gotelli y Ellison, 2002), a la disponibilidad de recursos (Osorio et al. 2013) ó por la competencia entre especies (Solida et al. 2014), que se presentan en cada uno de estos lugares; sin embargo, para establecer si estas variables son las que están determinando estas discrepancias, es necesario realizar análisis específicos con dichas variables en los mismos sitios trabajados en esta investigación.

El fragmento de bosque y la matriz (pastizal), son sitios parecidos en cuanto a su composición de hormigas, situación explicada por la dominancia de especies generalistas, que ingresan desde el pastizal a usos de suelo con presencia de árboles (Arenas y Armbrrecht, 2017). Los resultados de esta investigación, respecto a la composición de hormigas, no permite hacer comparaciones entre comunidades de hábitats diferentes debido a que, cada especie o grupo de especies indicadoras, se convierte en específica para las condiciones de cada sitio (Fernández, 2003), sumado a la deficiencia de conocimiento en biología de hormigas en el Neotrópico y que, la mayoría de documentación del comportamiento de hormigas provienen de estudios de la fauna de la población Hólarctica, con faunas diferentes a la tropicales (Fernández et al. 2019) y teniendo en cuenta que, no se han realizado estudios similares en la región.

La dominancia de las especies *Camponotus sp 3* y *Crematogaster sp1* en bosque y de *Crematogaster sp1* en la matriz, se debe a que, las especies del género *Crematogaster* y *Camponotus* presentan competencia por interferencia al dominar el recurso mediante agresión (Achury et al. 2011), además *Camponotus* ocupa el segundo lugar en número de especies, mientras que, *Crematogaster* es cosmopolita (Fernández et al. 2019).

El índice de diversidad  $\beta$ , presentado entre el bosque y el pastizal se debe al patrón de distancia, en donde, cada hábitat posee ciertas condiciones ambientales, hay separación de especies con diferentes características fisiológicas; la configuración del ambiente (espacio y tiempo) es distinta, a mayor número de barreras, la similitud disminuye en comparación con un sitio topográficamente abierto y homogéneo y la capacidad de dispersión de las especies (Calderon et al. 2012) es específica. La diferencia en composición entre las zonas estudiadas expresado por el índice de complementariedad, posiblemente indica que, las especies de hormigas que circundan en el pastizal, frecuentan el bosque porque dependen de la cobertura boscosa, además les proveen

diferentes sitios de nidificación (Abadía et al. 2010). La exclusividad de especies de hormigas tanto en bosque como en el pastizal, coinciden con los de Gallego y Salguero (2015), quienes encuentran un mayor número de especies exclusivas en bosque con respecto a la matriz, resaltando la importancia de conservar los fragmentos de bosque para proteger la fauna asociada.

La distribución y la mayor frecuencia del género *Apterostigma* en bosque, sugiere que, pueden presentar preferencias por este hábitat o por las condiciones que tiene el sitio, ya que, son de hábitos arborícolas (Fernández et al. 2019), en otros trabajos a las hormigas de este género se las ha encontrado en sistemas agroforestales sucesionales de cacao (Limachi et al. 2018).

La presencia de los géneros *Aphaenogaster*, *Azteca*, *Brachymyrmex*, *Camponotus*, *Cephalotes*, *Ochetomyrmex*, *Crematogaster*, *Cyphomyrmex*, *Dolichoderus*, *Ectatomma*, *Forelius*, *Gigantiops*, *Gnamptogenys*, *Hypoconera*, *Labidus*, *Linepithema*, *Mayaponera*, *Megalomyrmex*, *Neivamyrmex*, *Neoponera*, *Odontomachus*, *Pachycondyla*, *Paraponera*, *Paratrechina*, *Pheidole*, *Pseudomyrmex*, *Rasopone*, *Solenopsis*, *Strumigenys*, *Trachymyrmex* y *Wasmannia*, en los dos hábitats estudiados, se debe a que, las especies de hormigas de estos géneros tienen rangos amplios de área de forrajeo (Limach et al. 2018), o son generalistas (Arenas y Armbrecht, 2017). Según la catalogación de Agosti et al. (2000), en el grupo funcional de los oportunistas se encuentra a *Partrechina*, taxas no especializadas, poco competitivas, predominan en sitios donde el estrés y el disturbio limitan la productividad y diversidad de hormigas; en los dominantes Dolichoderinae se encontró a *Azteca*, *Forelius* y *Linepithema*, taxas que predominan en ambientes de niveles bajos de estrés y disturbio; *Solenopsis* se ubica en el grupo de los especialistas a los climas calientes, las cuales se distribuyen fuertemente en zonas áridas; en el grupo de las especies crípticas se halló a *Hypoconera* y *Solenopsis*, estas anidan y forragean en el suelo, en la hojarasca y en los troncos podridos, diversas y abundantes en bosques; *Camponotus* se ubica en los subordinados Camponotini, las cuales son

forrajeras nocturnas, diversas y abundantes; en los generalistas Myrmicinae se observó a *Crematogaster* y *Pheidole* y en el grupo de los predadores especialistas a *Pachycondyla*, estas especies tienen densidad de poblaciones bajas y se alimentan de otros artrópodos.

Limachi et al. (2018), encontraron a *Labidus* y *Camponotus* en monocultivos y sistemas agroforestales; a *Ectatomma* se la ha observado como de hábitos generalistas; asociados a hábitats con oferta de sustratos formado por hojas para usarlas en el cultivo de hongo y de herbivoría generalista a *Trachymyrmex* y *Cyphomyrmex*. Zabala y Col. (2013), hallaron a *Cyphomyrmex*, en bosques, parches de bosque y en cafetales y a *Gnamptogenys* en sitios boscosos.

Respecto a la especies halladas en bosque, se ha encontrado a *Megalomyrmex cuatiara* en la superficie del suelo y en la hojarasca (Brandao, 2003); la historia de vida natural de las hormigas *Platythyrea angusta* muestra que, pueden ser arborícolas o de suelo, tienen hábitos de depredación generalistas (Fernández et al. 2019); en cuanto a las especies que se observaron en la matriz según otras investigaciones se reporta que, *Nesomyrmex asper* pueden habitar en bosques secundarios y en los bordes de hábitats, en bosques primarios o en parches (Antweb, 2002); las especies de *Dolichoderus bispinosus* están ampliamente distribuidas, prefieren hábitats perturbados como cafetales y plantaciones de cacao (Longino, 2003), sitio similar al estudiado, el cual es un pastizal con plantaciones de cacao sin cultivar y la especie *Pseudomyrmex termitarius*, la han descrito como conspicua y de hábitos diurnos, se ha ubicado en varios tipos de vegetación (Pulgarín, 2004).

Referente a las especies que se distribuyeron en todos los sitios, los reportes en otros estudios mencionan lo siguiente: *Ochetomyrmex neopolitus* se asocia a suelos fértiles cubiertos por bosque arbóreo (Silva et al. 2017); *Ectatomma tuberculatum*, son comunes en hábitat jóvenes, bosques secundarios y en bordes de bosque (Antweb, 2002); *Gigantiops destructor*, se las ha observado en bordes de selvas y cerca a los arroyos (Beugnon, Chagné, & Dejean, 2001) y en plantaciones de

cacao (Limachi et al. 2018), sin embargo, hasta la fecha no se han realizado importantes investigaciones sobre biología de estas especies que aporten mayor información (Andrade et al. 1996); se ha encontrado a *Neoponera apicalis*, en bosques tropicales húmedos primarios, secundarios y en bosques de lluviosos, entre los 150 a 1500 m de altitud (SSHattuck, 2010). En el estudio realizado por Gutiérrez (2014), encontró a *Odontomachus erythrocephalus*, en sitios alterados por la deforestación para la construcción de caminos que permiten la movilización de vehículos de doble tracción o a pie, entre los 800 a 900 m de altitud; *Wasmannia auropunctata*, también fue encontrada en estos sitios y a pesar de ser nativa de bosques neotropicales de tierras bajas, se la ha relacionado con el desplazamiento de otras especies por competencia y explotación de recursos (Wetterer y Porter, 2003) y *Paraponera clavata* se la ha encontrado habitando en bosques primarios y secundarios (McGee & Eaton, 2014) y ocupando rangos amplios de área de forrajeo, ubicándose también en cultivos de cacao (Limachi et al. 2018).

En el bosque la riqueza y la diversidad no estuvieron relacionadas con las variables ambientales, estos efectos fueron similares a los reflejados con la diversidad en la matriz, en cambio, en este hábitat respecto a la riqueza, se relacionó únicamente con la temperatura del suelo; estos resultados difieren a los encontrados por Dunn y Col. (2009), Longino y Colwell, (2011), Osorio y Col. (2013) y Kwon (2018), quienes observaron una correlación positiva entre la riqueza y la temperatura, así mismo, Gallego y Salguero (2015), en el potreo hallaron una relación positiva como los demás investigadores, es decir que, incrementó la riqueza de hormigas con el aumento de la temperatura, sin embargo, en el fragmento de bosque evidenciaron que, la riqueza disminuyó a medida que la temperatura aumentó; los autores explican que, las hormigas bajo estas condiciones, forrajean más y obtienen mayor energía (Longino y Colwell, 2011) y la disponibilidad de alimentos es mayor en los meses más cálidos (Osorio et al. 2013), en cambio

Gallego y Salguero (2015) mencionan que, las especies son típicas a las condiciones ambientales del sitio.

En cuanto a la humedad relativa, los resultados de este estudio son similares a los de Longino y Colwell (2011), en el cual, no encuentra relación entre la riqueza y esta variable, no obstante, difieren con los resultados de Gallego y Salguero (2015), quienes observaron en el bosque una correlación positiva, es decir, a mayor humedad aumenta la riqueza y hallaron una dependencia negativa en el potrero, o sea, a menor humedad relativa, la riqueza decreció, sugiriendo que, esta variable ambiental es desfavorable para el forrajeo. Los hallazgos de este estudio sobre la correlación de la temperatura del suelo son afines a los encontrados por Walters y Mackay (2003), los cuales mencionan que, la temperatura del suelo influye en la humedad del interior de los nidos.

El análisis de componentes principales realizados tanto en el bosque como en la matriz indican que, los ensamblajes no reflejan los cambios de las variables ambientales: temperatura ambiente, temperatura del suelo y humedad relativa, sólo algunas especies responden a estos patrones y lo hacen de diferente forma, asociándose a una, dos o tres variables, pero no toda la comunidad está reflejando estos cambios; respecto a otras investigaciones que, se han realizado con especies particulares concuerdan con los resultados encontrados en este estudio: Novoa y Col. (2005), no evidenciaron relación de la actividad diaria de *Camponotus sp.* con la temperatura ambiente y la humedad relativa y mencionan que, su comportamiento está vinculado con el fotoperiodo y la oferta de recursos, aunque observaron mayor frecuencias de visitas para el aprovechamiento de recursos a temperaturas más moderadas y humedades relativas altas; Chong y Lee (2009), en su trabajo encontraron que, la actividad de alimentación de *Anoplepis gracilipes* se correlacionó positivamente con la temperatura y estuvo limitada por humedad baja; Wiescher y Col. (2012),

hallaron correlación entre la temperatura ambiente y la composición de hormigas, esta variable interactúa con la morfología y fisiología de las hormigas, y afectó su distribución espacial.

Solis y Bueno (2012), encontraron que, las especies exóticas invasoras resisten a condiciones ambientales alteradas debido al comportamiento fisiológico y a las adaptaciones que les permiten sobrevivir en lugares de mayor estrés, Medeiros y Col. (2012) , en su estudio de patrones de forrajeo de *Dinoponera quadriceps*, hallaron que la actividad de alimentación no se correlacionó con la humedad relativa y con la temperatura la correlación fue negativa, explicando que esta actividad la realizan en periodos apropiados para evitar el estrés térmico e incrementar la eficiencia, mientras que, Medeiros y Col. (2014), observaron en esta especie que, la temperatura ambiente ejerce un efecto positivo en la actividad de alimentación, en tanto que, la humedad lo hace de forma negativa.

Solida y Col. (2014), determinaron que, la coexistencia y la utilización de recursos en *Mesor wasmanni* y *M. minor*, no están afectadas por la temperatura ambiente y la humedad relativa, y la competencia es la que, determina la utilización de los recursos; Caldato y Col. (2016), observaron que, el patrón de actividad de alimentación de *Atta capiguara* dependió de la temperatura y de la humedad, explicada por la mayor disponibilidad de recursos a humedades más altas; Nene y Col. (2016) hallaron que, los días con mayores vuelos nupciales de *Oecophylla longinoda* ocurrían cuando había mayor humedad relativa y menor brillo solar para evitar la desecación; Kwon (2018), encontró que, la competencia interespecífica es mayor a temperaturas intermedias; Soare y Col. (2011), en el estudio sobre *Eciton burchelli*, y la creación de sus nidos vivac, identificaron que, las colonias maduras buscan sitios con temperaturas y humedades específicas.

En cuanto a la temperatura del suelo, Pol y Lopez (2004), indican que, esta variable produce cambios en el comportamiento en las actividades diarias y estacionales, debido a que la

temperatura afecta el consumo de oxígeno, la pérdida de agua y el costo de transporte, además mencionan que, algunas hormigas optan por la actividad nocturna como estrategia para evitar las altas temperaturas o poseen proteínas de choque térmico que les permiten adaptarse a estas condiciones; Bozalli y Col. (2008), afirman que, la temperatura determina el crecimiento, la producción de cría y la supervivencia de colonias de hormigas.

El comportamiento de los ensamblajes de hormigas referente a las condiciones ambientales estudiadas depende de cada especie (Caldato et al. 2016) y la falta de conocimiento sobre la biología de las especies en el Neotrópico y en particular en el piedemonte Amazónico en Colombia, se convierte en una limitante, por lo tanto, estos resultados indican la importancia de iniciar el estudio de la biología de cada una de las especies encontradas, para entender mejor su asociación con estas variables y la dinámica del funcionamiento en estos ecosistemas.

Para futuros trabajos en los que se realicen estudios similares, se sugiere que, se identifique a nivel de especie los taxones encontrados y se evalúe las variables ambientales: temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura del suelo en las colonias, con el fin de definir si estas están relacionadas directamente, con la biología de las especies que se encuentran en los hábitats de piedemonte amazónico; además, es necesario que, se evalúen otras variables que pueden influir en los ensamblajes como son las variables bióticas: heterogeneidad del hábitat, densidad de herbáceas y arbustos, disponibilidad de sitios de nidificación, relaciones intraespecíficas e interespecíficas, entre otras.

## 6. Conclusiones

- En los sitios de estudio se registraron un total de 41 géneros, 8 subfamilias y 118 especies de hormigas. La subfamilia Myrmicinae fue la más representativa en esta investigación, porque presenta diversidad taxonómica y las especies de esta subfamilia poseen diversidad de hábitos y se distribuye en diferentes hábitats.

- El bosque presentó mayor índice de diversidad, riqueza y equitabilidad, debido a que estos hábitats, les ofrece a las hormigas variedad de sitios de nidificación, un microclima constante y mayor oferta de recursos alimenticios.

- La diversidad de hormigas por estación en bosque fue diferente a la diversidad por estación en la matriz y no se presentaron diferencias significativas entre las riquezas por estación entre estos sitios; esta situación se presentó probablemente porque los hábitats estudiados presentan diferencias en: cobertura y diversidad vegetal, tipo de suelo, presencia de especies no nativas, disponibilidad de recursos y competencia entre especies, las cuales deben ser estudiadas para establecer si determinan la discrepancia.

- El fragmento de bosque y la matriz, compartieron el 53.3% de las especies colectadas y se complementaron en un 47.9 %, manifestado por la dominancia de especies generalistas, que ingresan a usos de suelo con presencia de árboles. El cambio de la composición de especies en los lugares estudiados, fue de 0.30, debido a la separación de especies con diferentes características fisiológicas, a la configuración del ambiente, la capacidad de dispersión de las especies y a las condiciones ambientales de cada hábitat.

- En el bosque la riqueza y la diversidad no estuvieron relacionadas con las variables ambientales, estos resultados fueron similares a los reflejados a los de la diversidad en la matriz,

debido a que, posiblemente, otras variables determinan las diferencias y para establecerlo deben ser estudiadas. En la matriz la riqueza, se relacionó únicamente con la temperatura del suelo ya que, esta puede influir en la temperatura interna de los nidos de hormigas.

- Los ensamblajes de hormigas tanto en bosque como en el pastizal, no reflejan los cambios de las variables: temperatura ambiente, temperatura del suelo y humedad relativa, sólo algunas especies responden a estos patrones y lo hacen de diferente forma, asociándose a una, dos o tres variables, pero no toda la comunidad está reflejando estos cambios; sin embargo, los resultados muestran la importancia de estudiar la biología de cada una de las especies encontradas para entender la dinámica del funcionamiento en los ecosistemas de piedemonte amazónico.

- Los sitios investigados deben conservarse porque contienen diversidad y especies exclusivas, que aportan a la diversidad de hormigas del piedemonte Amazónico.

**Referencias bibliográficas**

- Abadía, J., & Chacón, P. (2014). Dos décadas de estudio de la diversidad de hormigas en Colombia. *Academica Colombiana de ciencias*, 38(148), 250-260. doi:10.18257/raccefyn.124
- Abadía, J., Bermúdez, C., Lozano, F., & Chacón, P. (2010). Hormigas cazadoras en un paisaje subandino de Colombia: riqueza, composición y especies indicadoras. *Revista Colombiana de entomología*, 36(1), 127-134. doi:10.1590/S0044-59672011000400008
- Achury, R., Chacón, P., & Arcila, M. (2011). Effects of the Heterogeneity of the Landscape and the Abundance of *Wasmannia auropunctata* on Ground Ant Assemblages in a Colombian Tropical Dry Forest. *Psyche*, 2012( 960475), 1-12. doi:10.1155/2012/960475
- Agosti, D., Majer, J., Alonso, L., & Schultz, T. (2000). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. United States of America: Smithsonian Institution.
- Agosti, D., Majer, J., Alonso, L., & Schultz, T. (2000). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. (pp. 1-280). Editorial Smithsonian Institution Press-Washington and London.
- Aldana, R., & Chacón, P. (1999). Megadiversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la cuenca media del río Calima. *Colombiana de Entomología*, 25, 37-47.
- Andrade, G., García, G., & Fernández, F. (1996). *Insectos de Colombia: estudios escogidos*. (pp. 1 -541). Editorial Centro editorial Javeriano-Bogotá, D.C.
- Andrew, N., Hart, R., Jung, M.-P., Hemmings, Z., & Terblanche, J. (2013). Can temperate insects take the heat? A case study of the physiological and behavioural responses in a

- common ant, *Iridomyrmex purpureus* (Formicidae), with potential climate change. *Journal of Insect Physiology*, 59(9), 870-880. doi:10.1016/j.jinsphys.2013.06.003
- California Academy of Sciences. (2002). Antweb [base de datos]. Consultado el 30 de septiembre de 2019, de la fuente: <http://www.antweb.org>
- Arenas, A., & Armbrrecht, I. (2017). Gremios y diversidad de hormigas (Hymenoptera:Formicidae) en tres usos del suelo de un paisaje cafetero del Cauca-Colombia. *Bología Tropical*, 66(1), 48-57. doi:10.15517/rbt.v66i1.30269
- Armbrrecht, I. (1996). Análisis de la diversidad del ensamblaje de hormigas en fragmentos de bosque seco, en el Valle del Cauca, Colombia. Tesis de maestría. Universidad del Valle. p.120.
- Armbrrecht, I; Chacón, P; Montoya, J; Rivera, L; Zabala, G; García, R; Gallego, M; Herrera, J; Henao, N; Sanabria, C; Achury, R; Santamaría, C; Escobar, S., & Jiménez, E. (2019). Ecología. En F. Fernández, R. Guerreo, & T. Delsinne (Eds.). *Hormigas de Colombia* (pp., 175-194). Editorial Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias e Instituto de Ciencias Naturales - Bogotá D.C.
- Ayala, F., & Arp, R. (2010). *Contemporary debates in philosophy of Biology*. (pp., 1-464). Editorial Wiley-blackwell- Garsington Road, Oxford.
- Barcena, A., Samaniego, J., Galindo, L., Ferrer, J., Altorre, J., Stockins, P., Reyes, O., Sánchez, L., & Mostacedo, J. (2018). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Una visión Gráfica*.(pp., 1-61) Editorial Naciones Unidas-Santiago.
- Barquero, M. (2016). Revisión de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad de los trópicos. *Ingeniería*, 26(1), 71-78. doi:10.15517/JTE.V26I1.24497

- Beugnon, G., Chagné, P., & Dejean, A. (2001). Colony structure and foraging behavior in the tropical formicine ant, *Gigantiops destructor*. *Insectes Sociaux*, 48(4), 347-351. doi:<https://doi.org/10.1007/PL00001788>
- Bozalli, M., Kronenbitter, J., & Roces, F. (2008). Soil temperature, digging behaviour, and the adaptive value of nest depth in South American species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. *Oecología*, 158(1), 165-175. doi:[10.1007/s00442-008-1113-z](https://doi.org/10.1007/s00442-008-1113-z)
- Brandao, C. (2003). Further revisionary studies on the ant genus *Megalomyrmex* Forel (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Solenopsidini). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 43(8), 145-159. doi:[10.1590/S0031-10492003000800001](https://doi.org/10.1590/S0031-10492003000800001)
- Caldato, N., Forti, L., Bouchebti, S., Lopes, J., & Fourcassie, V. (2016). Foraging activity pattern and herbivory rates of the grass-cutting ant *Atta capiguara*. *Insectes Sociaux*, 63(3), 421-428. doi:[10.1007/s00040-016-0479-x](https://doi.org/10.1007/s00040-016-0479-x)
- Calderon, J., Moreno, C., & Zuria, I. (2012). La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 879-891. doi:[10.22201/ib.20078706e.2012.3.992](https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.3.992)
- Casanova, L. (2014). Biodiversidad de hormigas en México. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 85(1), 392-398. doi:[10.7550/rmb.32519](https://doi.org/10.7550/rmb.32519)
- Chanatásig, C., Huerta, E., Rojas, P., Ponce, A., Mendoza, J., Morón, A., Van der Wal, H., & Dzib, B. (2011). Efecto del uso de suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, México. *Acta zoológica mexicana*, 27(2), 441-461. doi:[10.21829/azm.2011.272764](https://doi.org/10.21829/azm.2011.272764)
- Chong, K., & Lee, C. (2009). Influences of Temperature, Relative Humidity and Light Intensity on the Foraging Activity of Field Populations of the Longlegged Ant, *Anoplolepis*

- gracilipes (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 54(2), 531-539. Recuperado el 4 de octubre de 2019, de <http://orcid.org/0000-0001-8279-4104>
- Colorado, J., Vásquez, J., & Mazo, I. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos bosque andino en Santa Elena (Medellín Colombia). *Acta biológica Colombiana*, 22(3), 379-393.
- Cuadra, J. (19 de Septiembre de 2017). *Ecología Verde*. Consultado el 20 agosto de 2018, de la fuente: <https://www.ecologiaverde.com/la-importancia-de-las-hormigas-143.html>
- Currie, D., Mittelbach, G., Cornell, H., Field, R., Guégan, J., Hawkins, B., Kaufman, D., Kerr, J., Oberdorff, T., Brien, E., & Turner, J. (2004). Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters*, 7, 1121-1134. doi:10.1111/j.1461-0248.2004.00671.x
- De la Vega, G., & Schilman, P. (2015). La importancia de la fisiología en la distribución geográfica de los insectos. *Sociedad Entomológica Argentina*, 74(3-4), 101-108.
- Decreto No. 1376 de 2013. *Permiso individual de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial*. (27 de junio de 2013). Diario Oficial No. 48.834.
- Dorado, A. (2010). *¿Qué es la biodiversidad?*. (pp., 1-84). Editorial Fundación biodiversidad-Madrid.
- Dunn, R., Agosti, D., Andersen, A., Arnan, X., Bruhl, C., Cerda, X., Aaron, E., Fisher, B., Fitzpatrick, M., Gibb, H., Gotelli, N., Gove, A., Guernard, B., Janda, M., Kaspari, M., Laurent, E., Lessard, J., Longino, J., Majer, J., Menke, S., Mcglynn, T., Parr, C., Philpott, S., Pfeiffer, M., Retana, J., Suarez, A., Vasconcelos, H., Weiser, M., Sanders, N. (2009).

- Climatic drivers of Hemispheric asymmetry in global patterns of Ant species Richness. *Ecology Letters*, 12(4), 324-333. doi:10.1111/j.1461-0248.2009.01291.x
- Duque, A., Alvaréz, E., Rodríguez, W., & Lema, Á. (2013). Impacto de la fragmentación de la diversidad de plantas vasculares en bosques andinos del nororiente de Colombia. *Colombia Forestal*, 16(2), 115-137. doi:10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.2.a01
- Duval, V., & Campo, A. (2017). Variaciones microclimáticas en el interior y exterior del bosque de Caldén (*Prosopis caldenia*), Argentina. *Cuadernos de geografía: revista Colombiana de geografía*, 26(1), 37-49. doi:10.15446/rcdg.v26n1.42372
- Elahi, R. (2005). The effect of water on the ground nesting habits of the giant tropical ant, *Paraponera clavata*. *Journal of insect science*, 5(34), 1-7. doi:10.1093/jis/5.1.34
- Estrada, C., & Fernández, F. (1999). Diversidad de hormigas (Hymenoptera:Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia). *Biología Tropical*, 47(1 y 2), 189-201.
- Fernández, F. (2003). *Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical*. (pp., 1-424) Editorial Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Bogotá, D.C.
- Fernández, F., Guerrero, R., & Delsinne, T. (2019). *Hormigas de Colombia*. (pp., 91) Editorial Universidad del Magdalena, Alexander Von Humbolt, Universidad Nacional de Colombia- Bogotá D.C.
- Fuster, A. (2012). Especies de hormigas asociadas a *Prosopis ruscifolia* Griseb. en ambientes salinos del Chaco Semiárido. *Revista de Ciencias Forestales*, 20(1), 29-38.
- Gallego Roper, M. C., Beatrizx, & Salguero Rivera, B. (2014). Ensamblaje de hormigas del bosque seco tropical, Jardín Botánico de Cali. *Colombia Forestal*, 139-150.

- Gallego, M. (2005). Intensidad de manejo del agrosistema de café (*Coffea arabica* L.) (monocultivo y policultivo) y riqueza de hormigas generalistas. *Boletín del museo de entomología de la universidad del Valle*, 6(2), 16-29.
- Gallego, M., & Salguero, B. (2015). Ensamblaje de hormigas del bosque seco tropical, jardín botánico de Cali. *Colombia forestal*, 18(1), 139-150. doi:10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a08
- García, H. (2014). *Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas*. (pp., 1-28). Editorial Fedesarrollo- Bogotá, D.C.
- González, A. (2017). *Biodiversidad y cambio climático en Colombia: Avances, perspectivas y reflexiones*. (pp., 1-49). Editorial Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis- Bogotá D.C.
- Gotelli, N., & Ellison, A. (2002). Biogeography at a regional scale: determinants of ant species density in new England bogs and forests. *Ecology*, 83(6), 1604 -1609. doi:10.1890/0012-9658(2002)083[1604:BAARSD]2.0.CO;2
- Gutiérrez, J., & Clive, J. (2006). Physical ecosystem engineers as agents of biogeochemical heterogeneity. *Bioscience*, 56(3), 228-236. doi: 10.1641/0006-3568(2006)056[0227:PEEAAO]2.0.CO;2
- Gutiérrez, P. (2014). Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del bosque tropical lluvioso de la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, Costa Rica. *Entomotropica*, 29(2), 69-76.
- Halffter, G., Moreno, C., & Pineda, E. (2001). *Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera* (pp.,1-82). Editorial M&T-Manuales y Tesis SEA- Zaragoza.
- Henao, E., Ordoñez, Y., De Camino, R., Villalobos, R., & Carrera, F. (2015). El bosque secundario en Centroamérica: Un recurso potencial de uso limitado por procedimientos y

- normativas inadecuadas. (1ª ed., pp., 1- 44).. Serie Técnica. *Boletín técnico*(77). Editorial Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE- Turrialba.
- IBM SPSS Statistics para Windows (versión 25.0)[software]. (2017). IBM Corporación. Consultado el 11 de agosto de 2019, de la fuente: <https://www.ibm.com/co-es>
- Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales*. (s.f.). Monitoreo y seguimiento al fenómeno de la deforestación en Colombia. Consultado el 29 de septiembre de 2019, de la fuente: <http://www.ideam.gov.co/web/bosques/deforestacion-colombia>.
- Kwon, T.-S. (2018). High competition between ant species at intermediate temperatures. *Journal of thermal biology*, 72, 59-66. doi:10.1016/j.jtherbio.2017.11.015
- Limachi, M., Naoki, K., & Armengot, L. (2018). Efecto de diferentes sistemas de producción de cacao de 3-4 años sobre la composición de un ensamblaje de hormigas terrestres. *Ecología en Bolivia*, 53(2), 113-127.
- Londoño, M., Saboyá, L., & Urbina, N. (2019). Conocimiento científico de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad continental: productividad de las instituciones colombianas y propuesta para un análisis integral. *Biodiversidad en la práctica*, 4(1), 86-110.
- Longino, J. (2003). *Dolichoderus bispinosus* (Olivier 1792). Consultado el 20 de septiembre de 2018, de la fuente: <http://ants.biology.utah.edu/genera/dolichoderus/species/bispinosus/bispinosus.html>
- Longino, J., & Colwell, R. (2011). Density compensation, species composition, and richness of ants on a neotropical elevational gradient. *Ecosphere*, 2(3), 1-20. doi:10.1890/ES10-00200.1
- López, J. (2009). *Biodiversidad*. (pp., 1-44) Editorial El Cid.

- Lozano, L., Gómez, F., & Valderrama, S. (2011). Estado de fragmentación de los bosques naturales en el norte del departamento del Tolima - Colombia. *Tumbaga*, 1(6), 125-140.
- McGee, K., & Eaton, W. (2014). The Effects of the Conversion of a Primary to a Secondary Tropical Lowland Forest on Bullet ant (*Paraponera clavata*) Foraging Behavior in Costa Rica: A Possible Indicator of Ecosystem Condition. *Journal of Insect Behavior*, 27(2), 206–216. doi:<https://doi.org/10.1007/s10905-013-9413-5>
- Medeiros, J., Araújo, A., Araújo, H., Queiroz, J., & Vasconcellos, A. (2012). Seasonal activity of *Dinoponera quadriceps* Santschi (Formicidae, Ponerinae) in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *Brasileira de entomología*, 56(1), 81-85. doi:10.1590/S0085-56262012000100013
- Medeiros, J., Azevedo, D., Santana, M., Lopes, T., & Araújo, A. (2014). Foraging activity rhythms of *Dinoponera quadriceps* (Hymenoptera:Formicidae) in its natural environment. *Journal of insect science*, 14(220), 1-14. doi:10.1093/jisesa/ieu082
- Meza, M., & Armenteras, D. (2018). Uso del suelo y estructura de la vegetación en paisajes fragmentados en la Amazonía, Colombia. *Colombia Forestal*, 21(2), 205-223. doi:10.14483/2256201X.12330
- Murcia, U., Medina, R., Rodríguez, J., Augusto, H., Hernández, A., & Herrera, E. (2014). *Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana, a escala 1:100.000: Datos del periodo 2002 al 2007*. (pp., 1-290). Editorial Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi-Bogotá D.C.
- Navarro, M., González, L., Flores, R., & Amparán, R. (2015). *Fragmentación y sus implicaciones: Análisis y reflexión documental*. (1ª ed., pp.,1-62) Editorial Universidad de Guadalajara-México.

- Nene, W., Rwegasira, G., Nielsen, M., & Mwatawala, M. (2016). Nuptial flights behavior or the African ere ant, *Oecophylla longinoda* latreille (Hymenoptera: Formicidae) and eather factors triggering flights. *Insectes Sociaux*, 63(2), 243-248. doi:10.1007/s00040-015-0456-9
- Novoa, S., Redolfi, I., & Ceroni, A. (2005). Patrón de actividad diario de la hormiga camponotus sp en los botones florales del cactus *Neoraimondia arequipensis* sbsp. roseiflora (Werder y Backeberg) Ostolaza. *Ecología aplicada*, 4(1 y 2), 77-81. doi:10.21704/rea.v4i1-2.301
- Ocampo, C., Olaya, A., Chiquillo, P., Pietro, A., Gualdrón, O., Pontón, J., Yemail, U., Buch, M., & Ortiz, D. (2017). *Política de ética, bioética en integridad científica*. Documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N° 1501., pp. 1-67). COLCIENCIAS -Bogotá, D.C.
- Osorio, J., Goncalves, M., Drose, i., Ely, J., Ferreira, R., & Loeck, A. E. (2013). Effect of climatic variables and vine crops on the epigeic ant fauna (Hymenoptera:Formicidae) in the Campanha region, state of Rio Grande do Saul, Brazil. *Journal of insect Conservation*, 17, 1113-1123. doi:10.1007/s10841-013-9592-6
- Pacheco, L., Larrea, D., & López, R. (2010). Sobre el número de ecosistemas en Bolivia. *Ecología en Bolivia* , 45(2), 83-86.
- Pérez, L. G., Pérez, G. A., Echeverri, C., Sánchez, A. F., Durán, J., & Pedraza, L. M. (2009). Riqueza de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en Várzea y bosque de tierra firme de la región Amazónica Colombiana. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*(45), 477-483.

- Pol, R., & Lopez, J. (2004). Activity patterns of Harvester ants *Pogonomyrmex pronotalis* and *Pogonomyrmex rastratus* in the central monte desert, Argentina. *Journal of Insect Behavior*, 17(5), 647-661. doi:10.1023/B:JOIR.0000042546.20520.c8
- Prieto, A., & Arias, J. (s.f.). Diversidad biológica del Sur de la Amazonía Colombiana.
- Pulgarín, J. (2004). Algunas observaciones sobre la estructura del nido y composición de colonias de *Pseudomyrmex termitarius* (Hymenoptera: Formicidae) en una localidad de Bello (Antioquia, Colombia). *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(1), 2161-2175.
- R Core Team. (Versión 3.6.1) [software]. (2019). R Foundation for Statistical Computing. consultado el 3 de agosto de 2019, de la fuente: <https://www.R-project.org/>
- Ramírez, A. (2005). *Ecología Aplicada-Diseño y análisis estadístico*. (pp.,1-23). Editorial Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano-Bogotá D.C.
- Ramírez, A., & Gutiérrez, P. (2015). Sobre ensamblajes ecológicos - respuesta a Monge-Nájera. *Biología tropical*, 64(2), 817-819. doi:10.15517/RBT.V64I2.21232
- Rodríguez, I., Venegas, C., Vásquez, M., Correa, A., & Horta, J. (2018). Richness, community structure, and diurnal activity of species of ants along a disturbance gradient at el Cielo Biosphere Reserva, Tamaulipas, México. *Southwestern entomologist*, 43(4), 919-938. doi:10.3958/059.043.0410
- Ruíz, S., Sánchez, E., Tabares, E., Prieto, A., Arias, J., Gómez, R., Castellano, D., García, P., & Chaparro, S. (2007). *La Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonía Colombiana*. (pp., 636). Corpoamazonía, Instituto Huboldt, Instituto Sinchi, UAESPNN-Bogotá D.C.

- Ryan, P., Harper, D., & Harper, D. (2001). Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia electronica*, 41(1), 99.
- Sanabria, C., & Achury, R. (2011). Hormigas legionarias (Formicidae: Ecitoninae) en sistemas productivos del Caquetá (Colombia). *Acta biológica Colombiana*, 16(1), 219-224. doi:10.15446/abc
- Sanabria, M., & Chacón, P. (2011). Hormigas cazadoras en sistemas productivos del piedemonte Amazónico Colombiano: diversidad y especies indicadoras. *Acta Amazónica*, 41(4), 503-512. doi:10.1590/S0044-59672011000400008
- Segev, U. (2010). Regional patterns of ant-species richness in an arid region: The importance of climate and biogeography. *Journal of Arid Environments*, 74(6), 646-652. doi:10.1016/j.jaridenv.2009.11.001
- Silva, E., Corá, J., Harada, A., & Sampaio, I. (2017). Association of the occurrence of ant species (hymenoptera:formicidae) with soil attributes, vegetation, and climate in the Brazilian Savanna Northeastern Region. *Sociobiology*, 64(4), 442-450. doi:10.13102/sociobiology.v64i4.1209
- Simanca, R., Fajardo, R., & Martínez, N. (2013). Fauna de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en dos remanentes de Bosque Seco Tropical (BsT) en Corrales de San Luis, Atlántico, Colombia. *Boletín del museo de entomología de la Universidad del Valle*, 14(1), 1-14. doi:10.17151/bccm.2018.22.1.15
- Soare, T., Tully, S., Willson, S., Kronauer, D., & Donnell, S. (2011). Choice of nest site protects army ant colonies from environmental extremes in tropical montane forest. *Insectes Sociaux*, 58(3), 299-308. doi:10.1007/s00040-010-0134-x

- Solida, L., Luiselli, L., Grasso, D., Eustacchio, D., Mori, A., & Fanfani, A. (2014). Spatio-temporal foraging dynamics in to coexisting harvester Ants (Hymenoptera:Formicidae). *Journal of insect behavior*, 27(4), 429-438. doi:10.1007/s10905-014-9439-3
- Solis, D., & Bueno, O. (2012). Thermal tolerances of three tramp ant species (Hymenoptera: formicidae). *Sociobiology*, 59(1), 213-223. doi:10.13102/sociobiology.v59i1.678.
- SShattuck. (2010). Antwiki [base de datos]. Consultado el 30 de septiembre de 2019, de la fuente: <https://www.antwiki.org>
- Tiede, Y., Schlautmann, J., Donoso, D., Wallis, C., Bendix, J., Brandl, R., & Farwig, N. (2017). Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes. *Ecological indicators*, 83, 527-537. doi:10.1016/j.ecolind.2017.01.029
- Tiede, Y., Schlautmann, J., Donoso, D., Wallis, C., Bendix, J., Brandl, R., & Farwig, N. (2017). Ants as indicators of environmetal change and ecosystem processes. *Ecological Indicators*, 83, 527-537. doi:10.1016/j.ecolind.2017.01.029
- Uribe, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*.(pp.1-44). Editorial Naciones Unidas -Santiago
- Villalba, V., Sgarbi, C., Culebra, S., & Ricci, M. (2011). Grupos funcionales de hormigas: evaluación de su utilización como indicadores del impacto ambiental producto de la agricultura y el cambio climático. *III Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable*, (págs. 247-258). Buenos Aires
- Walters, A., & Mackay, D. (2003). An experimental study of the relative humidity preference and survival of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Hymenoptera, formicidae): comparisons with a native *Iridomyrmex* species in South Australia. *Insectes Sociaux*, 50(4), 355-360. doi:10.1007/s00040-003-0685-1

- Wetterer, J., & Porter, S. (2003). The little ant, *Wasmannia auropunctata*: distribution, impact and control. *Sociobiology*, *41*(3), 1-41
- Wiescher, P., Pearce, J., & Feener, D. (2012). Assembling an ant community: species functional traits reflect environmental filtering. *Oecologia*, *169*(4), 1063-1074. doi:10.1007/s00442-012-2262-7
- Zabala, G., Aragón, M., & Chacón, P. (2013). Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un paisaje cafetero de Risaralda, Colombia. *Colombiana de entomología*, *39*(1), 141-149