

Efectos de las variables ambientales en la composición de hormigas (*Hymenoptera: Formicidae*) en bosque de piedemonte Amazónico

Effects of environmental variables on the composition of ants (*Hymenoptera: Formicidae*) in Amazonian foothills forest

Sandra Patricia Cabrera-Córdoba¹ ; Juan David Gutiérrez-Torres²; Ricardo Restrepo-Manrique³

¹Grupo de Investigación en Recursos Naturales Amazónicos, GRAM; Mocoa, Colombia; sandracabrera22@gmail.com

²Universidad de Santander; Bucaramanga, Colombia; jdguierrez@udes.edu.co

³Universidad Santo Tomás; Bucaramanga, Colombia; ricardo.restrepo@ustabuca.edu.co

Recibido: 21 de enero de 2020 Aceptado: 13 octubre de 2020

Resumen– Los factores abióticos pueden afectar de forma negativa o positiva la estructura de las comunidades; estudiar estos factores es importante para identificar las causas que estructuran a las comunidades de hormigas; teniendo en cuenta esta situación, y ya que en la región del piedemonte amazónico, en particular el departamento del Putumayo, se han realizado pocos estudios y existe insuficiente conocimiento acerca de ecología de muchas especies, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de las 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). En el municipio de Orito, 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, cebos corner: arbóreo, epigeo e hipogeo, extracción de hojarasca y captura manual. Con los promedios de las variables ambientales en cada estación y los datos de diversidad y riqueza por mes de muestreo, se examinó la regresión de Poisson y con los datos de las morfoespecies y los promedios de las variables medidas se realizó el análisis de componentes principales. Los resultados indicaron que, los ensamblajes de hormigas no reflejaron los cambios de las variables,

algunas especies respondieron 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; sin embargo, se determinó que los hábitats estudiados comparten especies generalistas y contienen especies exclusivas, que aportan a la diversidad de hormigas del piedemonte Amazónico, por ello los sitios deben conservarse.

Palabras clave– Temperatura ambiente; temperatura de suelo; humedad relativa; fragmento de bosque; matriz de pastizal.

Abstract– Abiotic factors can negatively or positively affect the structure of communities; studying these factors is important to identify the causes that structure ant communities. Taking into account this situation and that in the Amazon foothills region, particularly the Putumayo department, few studies have been carried out and there is insufficient knowledge about the ecology of many species, this research aimed to evaluate the effect of environmental variables on the assembly of ants, evaluating the hypothesis that the assembly of forest and grassland ants reflect changes in environmental variables (ambient temperature, soil temperature and relative humidity). In the municipality of Orito, in a secondary forest of the Amazonian foothills

Citar este artículo como: Cabrera-Córdoba SP, Gutiérrez-Torres JD, Restrepo-Manrique R. Efectos de las variables ambientales en la composición de hormigas (*Hymenoptera: Formicidae*) en bosque de piedemonte Amazónico. *ITECKNE*, 18(1), 2021 pp. 57 -70. DOI: <https://doi.org/10.15332/iteckne.v18i1.2541>

and its grassland matrix, a 100-meter transect was traced, locating 10 stations 10 meters apart, in these ants were sampled with pitfall traps, corner baits (arboreal, epigeal and hypogeal), litter extraction and manual capture. With the averages of the environmental variables in each station and the diversity and richness data per month of sampling, a Poisson regression analysis was performed and with the data of the morphospecies and the averages of the measured variables the principal component analysis was carried out. The results indicated that the ant assemblages did not reflect the changes in the variables and only some species responded to these patterns. Therefore, to understand the dynamics of the functioning of the ecosystems of the Amazon foothills, it is necessary to study the biology of each species. However, it was determined that the studied habitats share generalist species and contain exclusive species, which contribute to the diversity of ants in the Amazonian foothills, therefore the sites must be conserved.

Keywords– Ambient temperature; soil temperature; relative humidity; forest fragment; grassland matrix.

1. INTRODUCCIÓN

La región amazónica compone el 45% del bosque tropical y en Colombia los departamentos de Amazonas, Caquetá y Putumayo constituyen el 3% de la Amazonía. Los componentes físicos y bióticos, resultado de los procesos evolutivos, biogeográficos y ecológicos, incluyen áreas como el piedemonte andino en Putumayo y Caquetá [1]. Esta región posee la mayor tasa de deforestación en el mundo y la pérdida de la biodiversidad, es uno de los problemas más graves que presenta [2]. Los procesos de colonización, la expansión de la frontera agrícola y ganadera, cultivos de uso ilícito, explotación de petróleo y la ocupación no planificada, han transformado los paisajes y reducido la cobertura vegetal [1].

Los cambios de cobertura vegetal alteran las propiedades de los ecosistemas y los bienes y servicios que estos ofrecen a los seres humanos; también afectan la abundancia, composición, la distribución de organismos y sus funciones [3]. La cobertura incide en el microclima, por ejemplo, en los bosques la humedad es mayor y la temperatura es menor, en comparación con las zonas abiertas [4]. Además de la heterogeneidad del hábitat, las condiciones macro y microclimáticas también van a variar según los factores biofísicos, tales como: la pendiente, la elevación y el sustrato [5].

El clima ejerce efectos fisiológicos en las especies ectotérmicas, relacionados con el balance hídrico y el equilibrio térmico; los factores abióticos, como 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 [6], mientras que los que son sensibles a las temperaturas extremas, esta se convierte en un factor limitante [7], debido a que bajo estas condiciones pueden perder agua, llevándolos a la desecación y restringen su capacidad para regular la tem-

peratura corporal [6]. Teniendo en cuenta que las variaciones de la temperatura también interrumpen la supervivencia de los insectos, estos tienen algunas características, como: contenido de agua del cuerpo, grosor de la capa lipídica, componentes químicos cuticulares específicos para protegerse. En el caso de las hormigas usan hidrocarburos cuticulares (CHC) en la superficie de su cuerpo para responder a estas variaciones, ya que, actúan como barrera para la desecación [8].

Algunas especies de hormigas pueden adaptarse a zonas donde las temperaturas oscilan; se ha determinado también que, la temperatura ambiental ejerce un papel importante en el comportamiento de búsqueda de alimento [9] y que, el calentamiento climático podría generar cambios en las interacciones competitivas entre hormigas; se estima que a futuro la competencia por alimento entre especies disminuya en áreas de temperatura intermedia [10]. También se ha determinado en hormigas que, dependiendo de cada especie, su éxito competitivo es mayor cuando la temperatura ambiental o la humedad del aire se encuentran dentro de los límites óptimos, respecto a que estas condiciones no son totalmente adecuadas [11].

Las hormigas se consideran bioindicadoras, porque su respuesta a las perturbaciones es predecible, rápida y analizable; son abundantes, fáciles de encontrar en campo, su taxonomía es bien conocida y la identificación es relativamente fácil [12]; actúan como ingenieros del ecosistema, influyen en los procesos biogeoquímicos, afectando 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, los efectos son positivos, ya que crean nuevas oportunidades ecológicas [13].

Aunque se han realizado muchas investigaciones en hormigas, existen muchos vacíos sobre este grupo en la región amazónica [2], lo que hace complejo proponer estrategias de conservación acordes a la región del piedemonte amazónico [14] que permitan mantener la diversidad local y global [15]. Para 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 [2], por ello, en este trabajo se evaluó 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).

2. MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la vereda Altamira, municipio de Orito, departamento del Putumayo, ubicado en las coordenadas 0°37'59.9"N, 76°52'31.50" W. Altitud media 455 m.s.n.m., con temperatura media anual de 24.7°C y la

precipitación alrededor del 3348 mm. El bosque secundario ocupa tres hectáreas aproximadamente; la vegetación está representada por: *Terminalia amazónica*, *Cecropia peltata*, *Oligantis discolor*, *Caryocar glabrum*, *Iriartea deltoidea*, *Picus crassiuscula* y *Ocotea javitensis*. La matriz se caracteriza por contener pastos y algunos arbustos de *Theobroma cacao*, que ya no están siendo cultivados.

2.2 Sitios de muestreo y trabajo con hormigas

Durante un periodo de seis meses se visitó el fragmento de bosque secundario y la matriz, una vez por mes. Por sitio se trazó un transecto lineal de 100 m, separados por 250 m. En cada transecto se ubicaron 10 estaciones separadas entre sí por 10 m; para evitar el efecto de borde en el bosque, se ubicó el transecto a una distancia de 20 metros del borde. Se implementaron seis técnicas de muestreo en cada estación: cebos alimenticios, los cuales consisten en vasos desechables pequeños provistos en su interior de atún con azúcar: 1. ubicados en troncos de árboles a 1.50 m de altura en el fragmento de bosque y en los arbustos en la zona de pastizal; 2. trampas hipogeas enterradas aproximadamente a 10 cm de profundidad, y 3. trampas epigeas en la superficie del suelo. Las hormigas capturadas en los cebos se colectaron después de cuatro horas [16]. 4. colecta manual, entre trampa y trampa se realizó, en un tiempo fijo de 10 minutos/hombre en sitios como la hojarasca, troncos caídos y bajo las piedras [17] para un total aproximado de dos horas y media - hombre por transecto. 5. colecta de hormigas en hojarasca se hizo en cada estación, utilizando una cuadrícula de 1m de lado [16], los especímenes se extrajeron mediante sacos winkler, expuestos durante 60 horas. 6. trampas de caída o pitfall, se instalaron vasos desechables de 14 onzas a ras del suelo y se llenaron con alcohol al 70% hasta un tercio de su capacidad. Las hormigas que forrajeaban sobre la superficie del suelo, en el día o durante la noche, caen por accidente en el vaso [18]. Las hormigas que cayeron en estas trampas fueron colectadas después de 24 horas [19].

En cada hábitat se midió, por mes y estación, la temperatura a nivel del suelo, usando un termómetro y, la temperatura ambiente y la humedad relativa utilizando un termohigrómetro. Los equipos se dejaron durante tres minutos para luego hacer la lectura respectiva. Para disminuir los sesgos debido a las fluctuaciones diarias de temperatura y humedad se hicieron dos tomas en cada estación, en la mañana, al instalar las estaciones y en horas de la tarde [20].

2.3 Trabajo de laboratorio

Los especímenes se preservaron en frascos con alcohol al 70% y se rotularon debidamente; la identificación se hizo con las claves taxonómicas del libro Hormigas de Colombia [21]. Los especímenes colectados se depositaron en la colección de entomología de la Universidad de Nariño.

2.4 Análisis de datos

La abundancia de cada especie de hormiga se estimó como eventos de captura [22] y no con el número de indi-

viduos. Se determinó la diversidad verdadera de orden 1^{D} , en cada hábitat con el programa EstimateS versión 9.1 [23] y se comparó que tan diferente es la diversidad entre el bosque y la matriz de pastizal, con la ecuación (1) $D_A = \frac{D_A}{D_B}$, donde, D_A diversidad de la comunidad del bosque y D_B diversidad de la matriz; entonces, la comunidad A tendrá D_A/D_B veces más diversidad que la comunidad B [24]. Se realizó la prueba T-Student con los datos de riqueza por estación, usando el programa Excel.

La diversidad verdadera de orden 1^{D} 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, debido a que los datos se ajustaron a una distribución normal; dicho análisis se hizo por medio del programa Excel.

Con el análisis de componentes principales se calcularon los propios vectores y propios valores, usando los datos de las morfoespecies encontradas y los promedios de las variables ambientales a través del programa R commander [25].

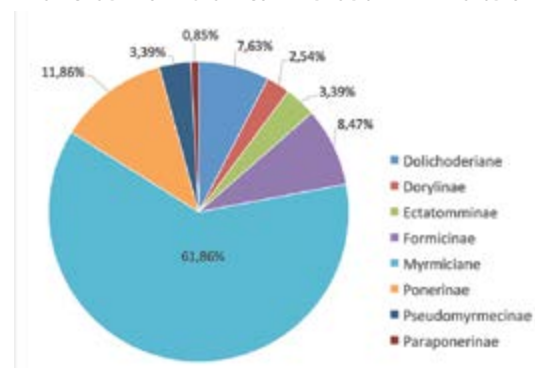
3. RESULTADOS

3.1 Composición general de la mimercofauna

Se colectó en total de 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 [21]. 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 fueron: Myrmicinae, Ponerinae, Formicinae, Dolichoderinae; Ectatomminae y Pseudomyrmecinae y obtuvieron el mismo porcentaje de riqueza, consecutivamente siguió Dorylinae y por último Paraponerinae, con su única especie *Paraponera clavata*, Fig. 1.

Fig. 1. DISTRIBUCIÓN TAXONÓMICA POR SUBFAMILIA DEL TOTAL DE LAS ESPECIES DE HORMIGAS ENCONTRADAS DURANTE EL ESTUDIO



Fuente: Los autores.

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 [26] y diversidad taxonómica [21], 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 Pseudomyrmicinae 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 [21]. Las subfamilias se distribuyeron tanto en el fragmento de bosque como en la matriz.

3.2 Especies compartidas y exclusivas entre los sitios de estudio

El bosque y la matriz compartieron 63 taxas (Tabla I); el bosque tuvo 38 especies exclusivas (Tabla II) mientras que, el potrero 17 (Tabla III).

Con respecto a los géneros encontrados, *Aphaenogaster* y *Nesomyrmex* no se registran para el departamento del Putumayo [27] y se ha estudiado poco sobre la biología de estos [21]. Teniendo en cuenta la distribución de los géneros en el fragmento de bosque y la matriz, se encuentran algunos que, por haber sido capturadas las especies de estos grupos con frecuencias bajas (1-3) es difícil decir que, están restringidas a un hábitat en particular, como son: *Anochetus*, *Basicerus*, *Carebara*, *Eciton*, *Myrmicocrypta*, *Platythyrea* y *Procryptocerus* ubicadas en el bosque, y *Nesomyrmex* y *Rogeria* encontradas en la matriz. 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 [21]. 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*, *Odonthomachus*, *Pachycondyla*, *Paraponera*, *Paratrechina*, *Pheidole*, *Pseudomyrmex*, *Rasopone*, *Solenopsis*, *Strumigenys*, *Trachymyrmex* y *Wasmania*, aparecieron en los dos sitios estudiados.

Según la distribución de las hormigas que fueron identificadas hasta especie, se encontró que: *Megalomyrmex cuatitara* 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*, *Odonthomachus erythrocephalus*, *Paraponera clavata* y *Wasmania auropunctata*, se distribuyeron en los dos hábitats estudiados.

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

El bosque presentó una riqueza de 101 especies y diversidad verdadera de orden 1 $H' = 45.8$ especies efectivas, mientras que, la matriz mostró una riqueza de 80 especies y diversidad verdadera de orden 1 $H' = 33.3$ especies efectivas; a partir de los datos de diversidad verdadera, se concluye que, el bosque es 1.37 veces más diverso en especies efectivas de hormigas que la matriz de pastizal. La prueba de T-Student mostró que, existen diferencias significativas entre las riquezas por estación entre el bosque y la matriz ($t(10) = 2.26$; $p = 0.025$).

3.4 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 el modelo de regresión probado con las variables ambientales estudiadas solo explica el 13.57% de la varianza de la riqueza por estación (R^2 ajustado: 0,1357) y se encontró que no hubo relación entre las variables medidas, temperatura ambiente ($P 0,919572664 > P 0.05$), humedad relativa ($P 0.270781949 > P 0.05$) y temperatura del suelo ($P 0.201622127 > P 0.05$); la diversidad por estación estuvo explicada por el 12.75% de la varianza (R^2 ajustado: 0,1275) y no se relacionó con las variables, temperatura ambiente ($P 0,950528545 > P 0.05$), humedad relativa ($P 0,302532975 > P 0.05$) y temperatura del suelo ($P 0,162983196 > P 0.05$).

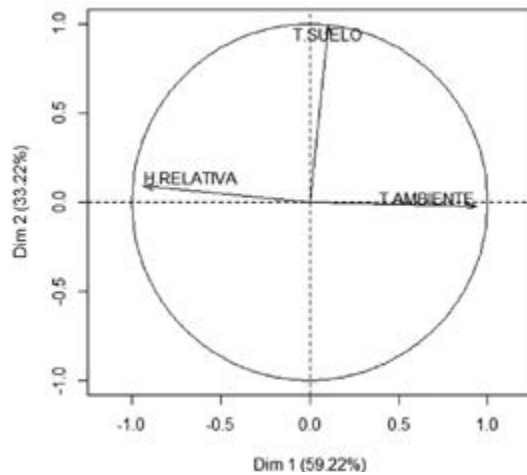
En la matriz la varianza de la riqueza por estación, se expresó en un 8.19% (R^2 ajustado: 0,0819) y no se relacionó con las variables temperatura ambiente ($P 0,141890427 > P 0.05$), humedad relativa ($P 0.99119509 > P 0.05$) y temperatura del suelo ($P 0.097336702 > P 0.05$); la varianza de la diversidad se reflejó por el 7.97% (R^2 ajustado: 0,0797) y no hubo asociación con las variables, temperatura ambiente ($P 0,136654968 > P 0.05$), humedad relativa ($P 0,991785671 > P 0.05$) y temperatura del suelo ($P 0,115528654 > P 0.05$).

En el bosque, el análisis de componentes principales para las especies de este hábitat mostró que, los valores propios del primer componente explican el 59.22% de las variables, el segundo componente el 33.22%, para un valor acumulado entre los dos, del 94.28% y el tercer componente explicó el 7.56%. Los tres componentes explicaron el 100% de las variables.

El análisis aisló los datos en cuatro componentes (clúster): 1, 2, 3 y 4. Al superponer el círculo de correlaciones, Fig. 2 y el plano principal, Fig. 3 indicaron que, las especies del grupo uno, como se muestra en la Tabla IV, se diferencian al resto de especies, respecto a las características ambientales porque están asociadas a valores de humedad relativa más alta y temperatura del suelo más bajas, mientras que, las hormigas del grupo dos, como se muestra en la Tabla V, se asociaron a valores de humedad relativa y temperatura ambiente parecidos. Las hormigas del grupo

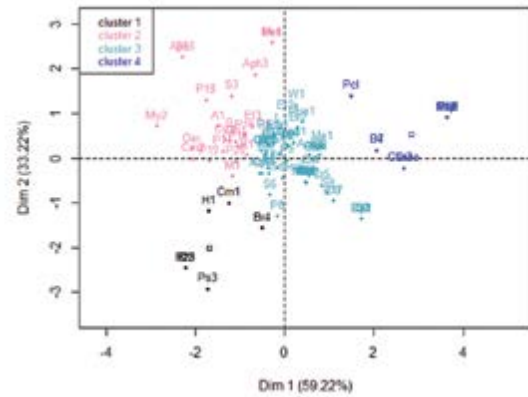
3, como se muestra en la Tabla VI, estuvieron vinculadas con valores de temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura de suelo semejantes y las especies del grupo cuatro, como se muestra en la Tabla VII, se asociaron con valores de temperatura ambiente más altas con respecto a las demás especies del bosque; *Paraponera clavata* se diferencia del grupo porque se asociaron a valores de humedad relativa y temperatura del suelo más altas, 70% y 21.98 °C respectivamente.

Fig. 2. CÍRCULO DE CORRELACIONES DE LAS VARIABLES EN EL BOSQUE



Fuente: Los autores.

Fig. 3. PLANO PRINCIPAL DE LAS ESPECIES EN BOSQUE



Fuente: Los autores.

En la matriz el análisis de componentes principales para las especies de este hábitat indicó que, los valores propios del primer componente explican el 59.41% de las variables, el segundo componente el 32.33%, para un valor acumulado entre los dos del 91.74%, y el tercer componente explica el 8.26%. Los tres componentes explicaron el 100% de las variables.

TABLA I.
ESPECIES COMUNES ENTRE LOS SITIOS DE ESTUDIO (BOSQUE Y MATRIZ)

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

Fuente: Los autores.

TABLA II.
ESPECIES EXCLUSIVAS DE BOSQUE

Bosque			
<i>Anochetus</i> sp	<i>Carebara</i> sp1	<i>Megalomyrmex</i> cuatiaria	<i>Pheidole</i> sp18
<i>Aphanoegaster</i> sp2	<i>Carebara</i> sp2	<i>Myrmicocrypta</i> sp1	<i>Pheidole</i> sp19
<i>Aphanoegaster</i> sp3	<i>Cephalotes</i> sp2	<i>Myrmicocrypta</i> sp2	<i>Pheidole</i> sp20
<i>Aphaenogaster</i> sp5	<i>Cyphomyrmex</i> sp1	<i>Neivamyrmex</i> sp2	<i>Pheidole</i> sp23
<i>Apterostigma</i> sp1	<i>Dolichoderus</i> sp1	<i>Neoponera</i> sp2	<i>Pheidole</i> sp24
<i>Apterostigma</i> sp2	<i>Dolichoderus</i> sp2	<i>Neoponera</i> sp3	<i>Platythyrea angusta</i>
<i>Basicerus</i> sp1	<i>Dolichoderus</i> sp4	<i>Pheidole</i> sp14	<i>Procrystocerus</i> sp
<i>Brachymyrmex</i> sp3	<i>Eciton</i> sp	<i>Pheidole</i> sp15	<i>Strumigenys</i> sp1
<i>Camponotus</i> sp4	<i>Gnamptogenys</i> sp2	<i>Pheidole</i> sp16	<i>Strumigenys</i> sp4

Fuente: Los autores.

TABLA III.
ESPECIES EXCLUSIVAS EN LA MATRIZ (PASTIZAL)

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

Fuente: Los autores.

TABLA IV.
GRUPO UNO (HORMIGAS ASOCIADAS A VALORES DE HUMEDAD RELATIVA ALTAS Y TEMPERATURA DEL SUELO BAJAS)
Y GRUPO CUATRO (HORMIGAS ASOCIADAS A VALORES DE TEMPERATURA AMBIENTE ALTAS)

Grupo uno			
Especie	Abreviatura	Dimensión 1	Dimensión 2
<i>Brachymyrmex</i> sp4	Br4	-0,50358003	-1,575348
<i>Camponotus</i> sp1	Cm1	-1,24799212	-1,014126196
<i>Carebara</i> sp1	C1	-2,21380777	-2,468258921
<i>Hypoponera</i> sp1	H1	-1,7024927	-1,19687234
<i>Pheidole</i> sp23	P23	-2,21380777	-2,468258921
<i>Pseudomyrmex</i> sp3	Ps3	-1,72744962	-2,935037058
<i>Strumigenys</i> sp3	St3	-2,21380777	-2,468258921
Grupo cuatro			
Especie	Abreviatura	Dimensión 1	Dimensión 2
<i>Chetomyrmex</i> neopolitus	Chneo	2,68021789	-0,232681484
<i>Crematogaster</i> sp3	Cr3	2,68021789	-0,232681484
<i>Dolichoderus</i> sp4	D4	2,06309794	0,169955558
<i>Neivamyrmex</i> sp2	Nei2	3,64009331	0,901880468
<i>Neoponera</i> apicalis	Napi	3,64009331	0,901880468
<i>Paraponera</i> clavata	Pcl	1,49321645	1,383634971
<i>Pheidole</i> sp7	P7	2,06309794	0,169955558
<i>Pheidole</i> sp12	P12	3,64009331	0,901880468
<i>Platythyrea angusta</i>	Pla	3,64009331	0,901880468

Fuente: Los autores.

TABLA V.
GRUPO DOS: HORMIGAS ASOCIADAS A VALORES DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA AMBIENTE PARECIDOS

Grupo dos			
Especie	Abreviatura	Dimensión 1	Dimensión 2
<i>Aphaenogaster sp3</i>	Aph3	-0,65366041	1,865389473
<i>Aphaenogaster sp5</i>	Aph5	-2,28469542	2,247256709
<i>Apterostigma sp1</i>	A1	-1,48733845	0,706858996
<i>Camponotus sp2</i>	Cm2	-2,04688583	-0,022574722
<i>Cyphomyrmex sp1</i>	Cy1	-1,33416528	0,407279951
<i>Dolichoderus sp1</i>	D1	-0,46153492	0,511093771
<i>Eciton sp1</i>	Ec1	-0,27632613	2,575151514
<i>Ectatomma sp1</i>	E1	-0,84570636	0,05949271
<i>Ectatomma sp3</i>	Et3	-0,70336715	0,700049916
<i>Gnamptogenys sp1</i>	Gn1	-1,08775241	0,356683663
<i>Megalomyrmex cuatiaria</i>	Mec	-0,27632613	2,575151514
<i>Myrmicocrypta sp1</i>	M1	-1,17534749	-0,41658327
<i>Myrmicocrypta sp2</i>	My2	-2,86845784	0,71099805
<i>Odontomachus erythrocephalus</i>	Oer	-2,07409473	0,191635544
<i>Pheidole sp10</i>	P10	-1,03616693	0,249794852
<i>Pheidole sp14</i>	P14	-1,38233278	0,144319031
<i>Pheidole sp16</i>	P16	-0,88581206	0,501834607
<i>Pheidole sp18</i>	P18	-1,76105912	1,288193762
<i>Pheidole sp19</i>	P19	-1,67691315	-0,068045602
<i>Pheidole sp20</i>	P20	-1,08800475	-0,08162008
<i>Procrystocerus sp1</i>	Pr1	-0,27632613	2,575151514
<i>Rasopone sp1</i>	R1	-0,84570636	0,05949271
<i>Solenopsis sp3</i>	S3	-1,1841316	1,383943887
<i>Solenopsis sp6</i>	S6	-2,28469542	2,247256709
<i>Trachymyrmex sp 1</i>	T1	-1,22132067	0,377093913

Fuente: Los autores.

TABLA VI.
GRUPO TRES: HORMIGAS ASOCIADAS CON VALORES DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA DEL SUELO SEMEJANTES

Grupo tres							
Especie	Abreviatura	Dimensión 1	Dimensión 2	Especie	Abreviatura	Dimensión 1	Dimensión 2
<i>Anochetus sp1</i>	An1	0,48610258	-0,56196946	<i>Mayaponera sp1</i>	May1	0,4699637	-0,549800104
<i>Aphaenogaster sp1</i>	Aph1	0,19966997	0,340974632	<i>Megalomyrmex sp1</i>	Me1	0,85095918	0,244458733
<i>Aphaenogaster sp2</i>	Aph2	0,55457931	0,068648621	<i>Neoponera sp1</i>	N1	-0,23458474	0,339234087
<i>Aphaenogaster sp4</i>	Aph4	0,04286669	0,294127481	<i>Neoponera sp2</i>	N2	0,09542233	0,255263088
<i>Apterostigma sp2</i>	A2	0,69295302	0,002369276	<i>Neoponera sp3</i>	N3	0,48610258	-0,56196946
<i>Azteca sp1</i>	Az1	-0,56725448	-0,34470476	<i>Odontomachus sp1</i>	O1	-0,35289357	0,261695004
<i>Basiceros sp1</i>	B1	0,69295302	0,002369276	<i>Pachycondyla sp1</i>	Pach1	-0,24931271	0,485816868
<i>Brachymyrmex sp1</i>	Br1	-0,3971264	0,143731486	<i>Paratrechina sp1</i>	Ptre1	0,38581773	0,806439259
<i>Brachymyrmex sp2</i>	Br2	0,30090982	0,671850443	<i>Pheidole sp1</i>	P1	-0,3971264	0,143731486
<i>Brachymyrmex sp3</i>	Br3	-0,41640523	-0,008368389	<i>Pheidole sp2</i>	P2	0,07535639	0,250501153
<i>Camponotus sp3</i>	Cm3	-0,3971264	0,143731486	<i>Pheidole sp3</i>	P3	-0,12179241	0,085369395
<i>Camponotus sp4</i>	Cm4	0,69295302	0,002369276	<i>Pheidole sp4</i>	P4	-0,35117201	-0,346117241
<i>Carebara sp2</i>	C2	1,72034246	-1,367243542	<i>Pheidole sp5</i>	P5	-0,42586388	0,069662698
<i>Cephalotes sp1</i>	Ce1	0,48610258	-0,56196946	<i>Pheidole sp6</i>	P6	-0,37784756	0,295831361
<i>Cephalotes sp2</i>	Ce2	1,72034246	-1,367243542	<i>Pheidole sp8</i>	P8	-0,16457363	-1,310231262
<i>Crematogaster sp1</i>	Cr1	-0,3971264	0,143731486	<i>Pheidole sp9</i>	P9	0,04531532	-0,064293773

Grupo tres							
Especie	Abreviatura	Dimensión 1	Dimensión 2	Especie	Abreviatura	Dimensión 1	Dimensión 2
<i>Crematogaster sp2</i>	Cr2	-0,51824634	0,159438351	<i>Pheidole sp15</i>	P15	0,4699637	-0,549800104
<i>Crematogaster sp4</i>	Cr4	0,58952779	-0,279800146	<i>Pheidole sp17</i>	P17	1,10322251	-0,964606501
<i>Crematogaster sp5</i>	Cr5	0,83830571	-0,616118645	<i>Pheidole sp21</i>	P21	1,72034246	-1,367243542
<i>Cyphomyrmex sp2</i>	Cy2	-0,50391143	-0,348750998	<i>Pheidole sp24</i>	P24	0,48610258	-0,56196946
<i>Cyphomyrmex sp3</i>	Cy3	1,72034246	-1,367243542	<i>Solenopsis sp1</i>	S1	-0,3971264	0,143731486
<i>Dolichoderus sp2</i>	D2	1,72034246	-1,367243542	<i>Solenopsis sp2</i>	S2	-0,37784756	0,295831361
<i>Dolichoderus sp3</i>	D3	1,10322251	-0,964606501	<i>Solenopsis sp4</i>	S4	-0,36060695	-0,237642878
<i>Ectatomma sp2</i>	Et2	0,01964631	0,933879374	<i>Solenopsis sp5</i>	S5	-0,33930188	-0,83017659
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	Etu	-0,21965007	0,500095665	<i>Solenopsis sp8</i>	S8	0,79623272	0,062001036
<i>Forelius sp1</i>	F1	-0,15172079	-0,217958739	<i>Solenopsis sp9</i>	S9	0,96240834	-0,792000085
<i>Gigantiops destructor</i>	Gdes	-0,052047	-0,438961452	<i>Strumigenys sp1</i>	St1	0,48610258	-0,56196946
<i>Gnamptogenys sp2</i>	Gn2	0,48610258	-0,56196946	<i>Strumigenys sp4</i>	St4	0,48610258	-0,56196946
<i>Labidus sp1</i>	L1	-0,08377892	0,65171006	<i>Trachymyrmex sp2</i>	T2	0,69295302	0,002369276
<i>Linepithema sp1</i>	Li1	0,54429346	-0,365743716	<i>Wasmannia auropunctata</i>	W1	0,26741116	1,171679681

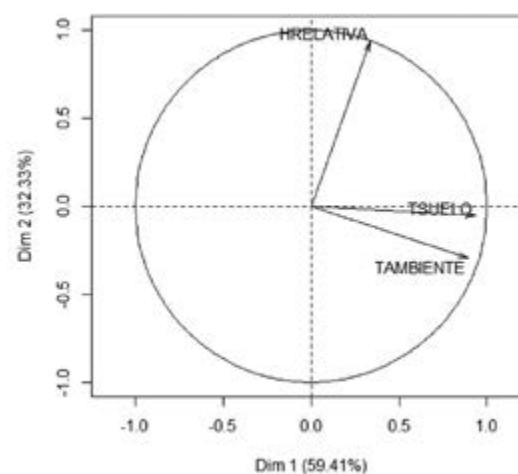
Fuente: Los autores.

El análisis separó los datos en cinco grupos: 1, 2, 3, 4 y 5; el primer grupo representado por *Linepithema sp1* (Li1). Al superponer el círculo de correlaciones, Fig. 4 y el plano principal Fig. 5, indicaron que, *Linepithema sp1* es totalmente distinta del resto, porque acepta valores de 20,12 °C de temperatura ambiente, 47% de humedad relativa y 16 °C de temperatura de suelo, siendo estos inferiores a los admitidos por las demás especies encontradas en la matriz; el grupo dos (Tabla VII), estuvo asociado a valores promedio de 20 °C en temperatura de suelo, mientras que, las demás especies mayores a 22 °C. Las hormigas del grupo tres (Tabla VII), estuvieron asociadas a valores de humedad relativa afines; las del grupo cuatro (Tabla VIII) estuvieron vinculadas con valores de temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura de suelo semejantes, marcadas por promedios similares en humedad relativa y las hormigas del grupo cinco (Tabla VII), se asociaron a valores parecidos de temperatura ambiente, con relaciones cercanas en valores de humedad relativa y temperatura del suelo.

4. DISCUSIÓN

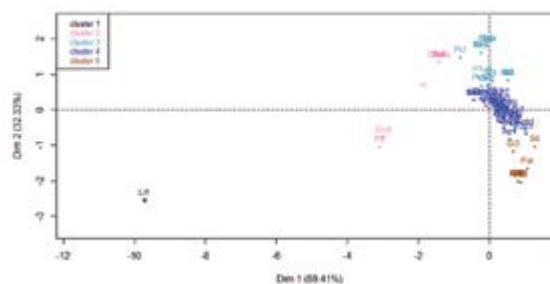
Respecto a la riqueza de especies y diversidad se encontró relación entre el estado de conservación, guardando similitud con los trabajos de Abadía et al. [28] y el de Sanabria y Chacón [29]; en el primero encuentran mayor riqueza en los bosques, respecto a los pastizales, debido a que, las hormigas dependen de la cobertura boscosa, porque les ofrece más 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 et al. [30], los cuales identifican que la riqueza de especies no cambia con la degradación del bosque.

Fig. 4. CÍRCULO DE CORRELACIONES DE LAS VARIABLES EN LA MATRIZ



Fuente: Los autores.

Fig. 5. PLANO PRINCIPAL DE LAS ESPECIES EN LA MATRIZ



Fuente: Los autores.

TABLA VII.
GRUPO DOS (HORMIGAS ASOCIADAS A VALORES DE TEMPERATURA DE SUELO SIMILARES),
GRUPO TRES (HORMIGAS ASOCIADAS A VALORES DE HUMEDAD RELATIVA AFINES)
Y GRUPO CINCO (HORMIGAS ASOCIADAS A VALORES DE TEMPERATURA AMBIENTE PARECIDOS)

Grupo dos			
Especies	Abreviaturas	Dimensión 1	Dimensión 2
<i>Brachymyrmex sp4</i>	Br4	-1,416662956	1,343425233
<i>Camponotus sp3</i>	Cm3	-2,976806474	-0,779509575
<i>Chetomyrmex neopolitus</i>	Chneo	-1,416662956	1,343425233
<i>Dolichoderus sp5</i>	D5	-1,416662956	1,343425233
<i>Nesomyrmex asper</i>	Nas	-1,416662956	1,343425233
<i>Pheidole sp5</i>	P5	-3,102399777	-1,047808636
<i>Pseudomyrmex sp3</i>	Ps3	-1,416662956	1,343425233
Grupo tres			
Especies	Abreviaturas	Dimensión 1	Dimensión 2
<i>Camponotus sp1</i>	Cm1	-0,063374939	0,661957909
<i>Cephalotes sp1</i>	Ce1	0,521402136	0,831498112
<i>Dolichoderus sp3</i>	D3	-0,048246741	1,789496604
<i>Ectatomma sp1</i>	E1	0,521402136	0,831498112
<i>Gigantiops destructor</i>	Gdes	-0,048246741	1,789496604
<i>Hypoponera sp1</i>	H1	-0,329969121	0,931606051
<i>Neivamyrmex sp1</i>	Nei1	-0,229404911	1,598925759
<i>Neoponera apicalis</i>	Napi	-0,048246741	1,789496604
<i>Paraponera clavata</i>	Pcl	-0,82303393	1,471175497
<i>Paratrechina sp</i>	Ptre1	-0,222161945	0,680007074
<i>Pheidole sp8</i>	P8	0,073704195	0,809018513
<i>Pheidole sp4</i>	P4	-0,056754399	0,703601208
<i>Pheidole sp 11</i>	P11	-0,229404911	1,598925759
<i>Solenopsis sp3</i>	S3	-0,060853571	0,849881023
<i>Solenopsis sp5</i>	S5	0,521402136	0,831498112
<i>Strumigenys sp2</i>	St2	0,521402136	0,831498112
<i>Strumigenys sp5</i>	St5	-0,229404911	1,598925759
Grupo cinco			
Especies	Abreviaturas	Dimensión 1	Dimensión 2
<i>Aphaenogaster sp4</i>	Aph4	0,805666834	-2,0118193
<i>Crematogaster sp3</i>	Cr3	0,665455241	-1,171693254
<i>Megalomyrmex sp1</i>	Me1	0,805666834	-2,0118193
<i>+Pheidole sp12</i>	P12	0,805666834	-2,0118193
<i>Pheidole sp22</i>	P22	0,889140469	-2,045339666
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	Pst	1,058609312	-1,661526577
<i>Solenopsis sp4</i>	S4	1,285591152	-1,040221699
<i>Solenopsis sp6</i>	S6	0,805666834	-2,0118193
<i>Trachymyrmex sp 1</i>	T1	0,805666834	-2,0118193

Fuente: Los autores.

TABLA VIII.
GRUPO CUATRO: HORMIGAS ASOCIADAS A VALORES DE HUMEDAD RELATIVA,
TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA DEL SUELO SEMEJANTES

Grupo cuatro							
Especies	Abrev	Dimensión 1	Dimensión 2	Especies	Abrev	Dimensión 1	Dimensión 2
<i>Aphaenogaster sp1</i>	Aph1	1,000766711	-0,561222453	<i>Pachycondyla sp1</i>	Pach1	0,370972671	-0,017712319
<i>Azteca sp</i>	Az1	0,565643837	-0,836466411	<i>Pheidole sp1</i>	P1	0,746666041	-0,496789413
<i>Brachymyrmex sp1</i>	Br1	0,799633436	-0,209318248	<i>Pheidole sp2</i>	P2	0,361637332	-0,189711289
<i>Brachymyrmex sp2</i>	Br2	0,429452406	-0,25421042	<i>Pheidole sp3</i>	P3	0,361637332	-0,189711289
<i>Camponotus sp2</i>	Cm2	0,572569639	-0,58408032	<i>Pheidole sp6</i>	P6	0,650155058	-0,038172714
<i>Crematogaster sp1</i>	Cr1	0,361637332	-0,189711289	<i>Pheidole sp7</i>	P7	0,415275577	0,281093769
<i>Crematogaster sp2</i>	Cr2	0,242300669	-0,086730017	<i>Pheidole sp9</i>	P9	-0,13453783	0,239133983
<i>Crematogaster sp4</i>	Cr4	0,293644391	-0,330516608	<i>Pheidole sp10</i>	P10	0,737615821	-0,377822225
<i>Crematogaster sp5</i>	Cr5	0,224499754	-0,073012141	<i>Pheidole sp13</i>	P13	0,160154902	0,000777733
<i>Crematogaster sp6</i>	Cr6	0,737615821	-0,377822225	<i>Pheidole sp21</i>	P21	0,604862093	-0,380413148
<i>Cyphomyrmex sp2</i>	Cy2	0,361637332	-0,189711289	<i>Pheidole sp25</i>	P25	0,40389551	-0,23202978
<i>Cyphomyrmex sp3</i>	Cy3	0,236907288	-0,027298549	<i>Pseudomyrmex sp1</i>	Ps1	0,407574169	-0,522116305
<i>Dolichoderus bispinosus</i>	Dbis	-0,25230913	0,299003777	<i>Pseudomyrmex sp2</i>	Ps2	-0,002040114	0,043194559
<i>Ectatomma sp2</i>	Et2	0,203823347	0,276891915	<i>Rasopone sp</i>	R1	0,217039235	0,169232642
<i>Ectatomma sp3</i>	Et3	0,366881647	-0,227618368	<i>Rogeria sp</i>	Ro1	-0,430533332	0,264286341
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	Etu	0,10367135	0,181524526	<i>Solenopsis sp1</i>	S1	0,746666041	-0,496789413
<i>Forelius sp</i>	F1	0,115596153	0,176735902	<i>Solenopsis sp2</i>	S2	0,312300719	0,012745158
<i>Gnamptogenys sp1</i>	Gn1	1,019566537	-0,680453883	<i>Solenopsis sp7</i>	S7	0,40389551	-0,23202978
<i>Labidus sp</i>	L1	0,705271302	-0,606920778	<i>Solenopsis sp8</i>	S8	0,066877827	0,322718172
<i>Mayaponera sp1</i>	May1	0,474353456	-0,334335861	<i>Solenopsis sp9</i>	S9	0,236907288	-0,027298549
<i>Neoponera sp1</i>	N1	0,443064388	0,122479517	<i>Solenopsis sp10</i>	S10	-0,430533332	0,264286341
<i>Odontomachus erythrocephalus</i>	Oer	-0,430533332	0,264286341	<i>Strumigenys sp3</i>	St3	-0,096813017	0,118493893
<i>Odontomachus sp1</i>	O1	0,325931731	-0,345961592	<i>Wasmannia auropunctata</i>	W1	0,17406591	0,112758736

Fuente: Los autores.

Las diferencias de riqueza por estación entre el bosque y la matriz, probablemente son causadas por la cobertura y diversidad vegetal, por el tipo de suelo y la presencia de especies no nativas [31], por la disponibilidad de recursos [32] o por la competencia entre especies [33]. Para establecer si las variables mencionadas determinan estas discrepancias, es necesario el trabajo en campo con cada una de ellas, en los mismos sitios analizados en esta investigación.

El fragmento de bosque y la matriz son sitios parecidos en cuanto a su composición de hormigas, posiblemente por la dominancia de especies generalistas, que ingresan desde el pastizal a usos de suelo con presencia de árboles [34], los cuales les proveen diferentes sitios de nidificación [28], así mismo las especies generalistas tienen una mayor tasa de colonización de fragmentos pequeños [35]. La similitud en la composición probablemente también se presentó, porque la matriz puede influir lo que sucede en los

fragmentos y a su vez estos repercuten en lo que acontece en la matriz, por ello, para algunas especies este tipo de uso de suelo puede proveer recursos alimenticios que en los fragmentos de bosque son limitados, y para las especies que habitan los fragmentos hay otra fuente de recursos en la matriz [36]. La exclusividad de especies de hormigas, tanto en bosque como en el pastizal, coincide con las de Gallego y Salguero [37], 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.

En el bosque y la matriz, la riqueza y la diversidad no estuvieron relacionadas con las variables ambientales; estos resultados difieren a los encontrados por Dunn et al. [38], Longino y Colwell [39], Osorio et al. [32] y Kwon [40], quienes observaron una correlación positiva entre la riqueza y la temperatura, así mismo, Gallego y Salguero [37] en po-

trero hallaron que al aumentar la temperatura incrementó la riqueza de hormigas, sin embargo, en el fragmento de bosque evidenciaron que la riqueza disminuyó a medida que la temperatura aumentó; según los autores, esto se explica porque las hormigas bajo estas condiciones forrajea más y obtienen mayor energía [39] y en los meses más cálidos la disponibilidad de alimentos es mayor [32], en cambio, Moreno et al. [37] 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 [39], en el que no se encuentra relación entre la riqueza y esta variable, no obstante, difiere con los resultados de Gallego y Salguero [17], 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 diferentes a los encontrados por Walters y Mackay [41], quienes mencionan que, la temperatura del suelo influye en la humedad del interior de los nidos.

El análisis de componentes principales en el bosque y en la matriz indicaron que, los ensamblajes no reflejan los cambios de las variables ambientales. Las especies encontradas se asocian a las variables ambientales climáticas, pero lo hacen de diferente forma, según la respuesta fisiológica que las especies pueden tener a los cambios microclimáticos [42]. En otros estudios, se han encontrado diferentes asociaciones de la temperatura y la humedad con respecto a la alimentación en hormigas. Chong y Lee [43] encontraron que, la actividad de alimentación de las hormigas analizadas se correlacionó positivamente con la temperatura y estuvo limitada por humedad baja. Medeiros et al. [44], en su estudio de patrones de forrajeo en hormigas 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 et al. [45] observaron que la temperatura ambiente ejerce un efecto positivo en la actividad de alimentación, en tanto que la humedad lo hace de forma negativa, y Caldato et al. [46] observaron que el patrón de actividad de alimentación de las especies dependió de la temperatura y de la humedad, explicada por la mayor disponibilidad de recursos a humedades más altas. En otro aspecto, Wiescher et al. [47] hallaron correlación entre la temperatura ambiente y la composición de hormigas; esta variable interactuó con la morfología y fisiología de las hormigas y afectó su distribución espacial, y Kwon [40] encontró que la competencia interespecífica es mayor a temperaturas intermedias.

En otras investigaciones que se han realizado con especies particulares, como en Novoa et al. [48], no eviden-

cian relación de la actividad diaria de las especies con la temperatura ambiente y la humedad relativa, vinculando el comportamiento 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, mientras que Solida et al. [33] identificaron que la coexistencia y la utilización de recursos en especies de hormigas específicas no están afectadas por la temperatura ambiente y la humedad relativa, puesto que la competencia es la que determinó la utilización de los recursos.

Las especies que se asociaron a la temperatura del suelo en esta investigación, posiblemente actúan, según como lo explican Pol y López [49], argumentando que esta variable produce cambios en el comportamiento en las actividades diarias y estacionales, debido a que 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. Por otra parte, Bozalli et al. [50] encontraron que la temperatura determina el crecimiento, la producción de cría y la supervivencia de colonias de hormigas y Soare et al. [51] identificaron que las colonias maduras buscan sitios con temperaturas y humedades específicas para la creación de sus nidos. También, se ha determinado que la temperatura interviene en la distribución y el número de especies de insectos de hojarasca [52].

Particularmente, *Wasmmania auropunctata*, especie exótica invasora, puede resistir condiciones ambientales alteradas debido al comportamiento fisiológico y a las adaptaciones que les permiten sobrevivir en lugares de mayor estrés [53], por lo que consiguen adecuarse fácilmente a las condiciones climáticas que se presentan en el bosque y en la matriz y así vivir en ellos. Las especies del género *Ectatomma* anidan en zonas de climas cálidos, debido a su comportamiento de forrajeo cooperativo y capacidad de adaptación en ambientes alterados [54], explicándose de esta manera su distribución en los sitios analizados en esta investigación; sin embargo, es necesario estudiar la biología de cada especie para determinar patrones específicos de distribución de hormigas respecto a las variables ambientales.

En otros estudios se ha planteado la hipótesis de que las especies de hormigas pueden responder de forma continua e independiente a la temperatura, debido a que las comunidades evolucionan en hábitats diferenciados [55]. El comportamiento de los ensamblajes de hormigas referente a las condiciones ambientales estudiadas depende de cada especie [46], por ello es importante 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, además es necesario que se realicen más estudios que cuantifiquen cómo las variables ambientales a

nivel de especie impactan a las comunidades de hormigas de un hábitat.

5. Conclusiones

El bosque presentó mayor índice de diversidad, riqueza y equitabilidad, debido a que les ofrecen a las hormigas variedad de sitios de nidificación, un microclima constante y mayor oferta de recursos alimenticios. Los sitios investigados deben conservarse porque contienen diversidad y especies exclusivas que aportan a la diversidad de hormigas del piedemonte amazónico.

Las diferencias significativas entre las riquezas por estación entre el bosque y la matriz, se presentaron probablemente porque los hábitats estudiados muestran diferencias en: cobertura y diversidad vegetal, tipo de suelo, presencia de especies no nativas, disponibilidad de recursos y competencia entre especies. Para establecer si las variables mencionadas determinan estas discrepancias es necesario trabajar en campo con cada una de ellas, en los mismos sitios analizados en esta investigación.

En el bosque y en la matriz la riqueza no estuvo relacionada con las variables ambientales, debido a que, posiblemente, otras variables determinan las diferencias y para establecerlo deben ser estudiadas. El análisis de componentes principales en el bosque y en la matriz indicaron que los ensamblajes no reflejan los cambios de las variables ambientales. Las especies encontradas se asocian a las variables ambientales climáticas, pero lo hacen de diferente forma, según la respuesta fisiológica que las especies pueden tener a los cambios microclimáticos; 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.

En futuros trabajos es importante identificar a nivel de especie los taxones y evaluar las variables ambientales medidas en este estudio en las colonias, para definir si estas están relacionadas directamente con la biología de las especies que se encuentran en los hábitats de piedemonte amazónico. Es necesario que se evalúen otras variables que en este estudio no fueron abordadas y pueden influir en los ensamblajes, como son las variables bióticas: heterogeneidad del hábitat, densidad de herbáceas y arbustos, disponibilidad de sitios para anidar, relaciones intraespecíficas e interespecíficas, entre otras.

6. REFERENCIAS

- [1] S. Ruiz, E. Sánchez, E. Tabares, A. Prieto, J. Arias, R. Gómez, D. Castellano, P. García y S. Chaparro, *La diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonía colombiana*, Bogotá D.C.: Corpoamazonía, Instituto Huboldt, Instituto Sinchi, UAESPNN, 2007, págs. 1-636.
- [2] I. Armbrrecht, P. Chacón, J. Montoya, L. Rivera, G. Zabala, R. García, M. Gallego, J. Herrera, N. Henao, C. Sanabria, R. Achury, C. Santamaría, S. Escobar y E. Jiménez, "Ecología", en *Hormigas de Colombia*, Bogotá D.C.: F. Fernández, R. Guerrero y T. Delsine, 2019, pp. 175-194.
- [3] C. Chanatásig, E. Huerta, P. Rojas, A. Ponce, J. Mendoza, A. Morón, H. Van der Wal y B. Dzib, "Efecto del uso de suelo en las hormigas (*Formicidae: Hymenoptera*) de Tikinmul, Campeche, México", *Acta zoológica mexicana*, vol. 27 (2), pp. 441-461, mar. de 2011. DOI: <https://10.21829/azm.2011.272764>
- [4] V. Duval y A. Campo, "Variaciones microclimáticas en el interior y exterior del bosque de Caldén (*Prosopis caldenia*), Argentina", *Cuadernos de geografía: revista colombiana de geografía*, vol. 26 (1), pp. 37-49, ene. de 2017. DOI: <https://10.15446/rcdg.v26n1.42372>
- [5] N. Andrew, G. Behnazy y B. Groenewald, "The role of nest surface temperatures and the brain in influencing ant metabolic rates", *Journal of Thermal Biology*, vol. 60, pp. 132-139, agos. de 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.07.010>
- [6] G. De la Vega y P. Schilman, "La importancia de la fisiología en la distribución geográfica de los insectos", *Sociedad Entomológica Argentina*, vol. 74 (3-4), pp. 101-108, dic. de 2015. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/article/669e52f45da54303b41eea003ec46166>. [Consultado Ene. 26, 2021].
- [7] A. Fuster, "Especies de hormigas asociadas a *Prosopis ruscifolia* Griseb en ambientes salinos del Chaco Semiárido", *Revista de Ciencias Forestales*, vol. 20 (1), pp. 29-38, dic. de 2012. [En línea]. Disponible: <http://www.scielo.org.ar/pdf/quebra/v20n1/v20n1a04.pdf>. [Consultado: Jul. 27, 2018].
- [8] B. Duarte, K. Michelutti, W. Antonialli y C. Cardoso, "Effect of temperature on survival and cuticular composition of three different ant species", *Journal of Thermal Biology*, vol. 80, pp. 178-189, feb. de 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.02.005>
- [9] Y. Lei, W. Jaleel, F. Muhammad, A. Shahbaz, A. Rashid, R. Muhammad Ikram, H. Ali, H. Ghramh, K. Ali Khan, X. Qiu, Y. He y L. LYU, "Effect of constant and fluctuating temperature on the circadian foraging rhythm of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae)", *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 28 (1), pp. 64-72, ene. de 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.032>
- [10] K. Tae-Sung, "High competition between ant species at intermediate temperatures" *Journal of Thermal Biology*, vol. 72, pp. 59-66, feb. de 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.11.015>
- [11] F. Frizzi, V. Bartalesi y G. Santini, "Combined effects of temperature and interspecific competition on the mortality of the invasive garden ant, *Lasius neglectus*: A laboratory study", *Journal of Thermal Biology*, vol. 65, pp. 76-81, abril de 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.02.007>
- [12] V. Villalba, C. Sgarbi, S. Culebra y M. Ricci, "Grupos funcionales de hormigas: evaluación de su utilización como indicadores del impacto ambiental producto de la agricultura y el cambio climático" en *III Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable*, Argentina, La Plata, 2011, pp. 247-258.
- [13] J. Gutiérrez y J. Clive, "Physical ecosystem engineers as agents of biogeochemical heterogeneity", *Bioscience*, vol. 56 (3), pp. 228-236, mar. de 2006. DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)056\[0227:PEAAO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)056[0227:PEAAO]2.0.CO;2)
- [14] A. Gonzáles, *Biodiversidad y cambio climático en Colombia: Avances, perspectivas y reflexiones*, Bogotá D.C.: Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, 2017, pp.1-86.

- [15] N. Andrew, R. Hart, M.-P. Jung, Z. Hemmings y J. Terblanche, "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*, vol. 59 (9), pp. 870-880, sep. de 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2013.06.003>
- [16] Estrada y F. Fernández, "Diversidad de hormigas (Hymenoptera:Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia)", *Biología Tropical*, vol. 47 (1-2), pp. 189-201, mar. de 1999. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v47i1-2.19066>
- [17] M. Gallego, "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*, vol. 6 (2), pp. 16-29, 2005. [En línea]. Disponible: <http://entomologia.univalle.edu.co/boletin/gallego.pdf>. [Consultado: Oct. 4, 2018].
- [18] G. Andrade, G. García y F. Fernández, *Insectos de Colombia: estudios escogidos*, Bogotá, D.C.: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y Centro Editorial Javeriano, 1996, pp. 1-451.
- [19] D. Agosti, J. Majer, L. Alonso y T. Schultz, *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*, Washington y Londres: Smithsonian Institution Press, 2000, pp. 1-280.
- [20] I. Armbrrecht, "Análisis de la diversidad del ensamblaje de hormigas en fragmentos de bosque seco, en el Valle del Cauca, Colombia", M. S. tesis, Universidad del Valle, Cali, 1996.
- [21] F. Fernández, R. Guerrero y T. Delsinne, *Hormigas de Colombia*, Bogotá D.C: Universidad del Magdalena, Alexander Von Humbolt, Universidad Nacional de Colombia, 2019, pp. 1198.
- [22] N. Ladino, E. Jiménez y C. Yara, "Hormigas poneroides y ectatomminas (Hymenoptera: Formicidae) en fragmentos boscosos del piedemonte llanero y altillanura del Meta, Colombia", *Caldasia*, vol. 40 (2), pp. 310-320, jul. de 2018. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.65658>
- [23] R. Colwell, 2013. "EstimateS: Estatistical estimation of species richness and shared species from samples". [En línea]. Disponible en <http://www.purl.oclc.org/estimates> [Consultado Feb. 12, 2021].
- [24] C. Moreno, F. Barragán, E. Pineda y N. Pavón, "Reanálisis de la diversidad alfa: para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas", *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 82 (4), pp. 1249-1261, may. de 2011. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>
- [25] R Core Team, "A language and environment for statistical". [En línea]. Disponible en <https://www.R-project.org>. [Consultado Ago. 3, 2019].
- [26] L. Pérez, G. Pérez, C. Echeverri, F. Sánchez, J. Durán y L. Pedraza, "Riqueza de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en Várzea y bosque de tierra firme de la región amazónica colombiana", *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, vol. 45, pp. 477-483, 2009. [En línea]. Disponible: http://sea-entomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN45/477_483BSEA45HormigasColombia.pdf [Consultado: Dic. 10, 2019].
- [27] S. Shattuck, "Antwiki", 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.antwiki.org>. [Consultado Sep. 30, 2019].
- [28] J. Abadía, C. Bermúdez, F. Lozano y P. Chacón, "Hormigas cazadoras en un paisaje subandino de Colombia: riqueza, composición y especies indicadoras", *Revista Colombiana de entomología*, vol. 36 (1), pp. 127-134, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0044-59672011000400008>
- [29] C. Sanabria y R. Achury, "Hormigas legionarias (Formicidae: Ecitoninae) en sistemas productivos del Caquetá (Colombia)", *Acta Biológica Colombiana*, vol. 16 (1), pp. 219-224, 2011. <http://dx.doi.org/10.15446/abc>.
- [30] Y. Tiede, J. Schlautmann, D. Donoso, C. Wallis, J. Bendix, R. Brandl y N. Farwig, "Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes", *Ecological indicators*, vol. 83, pp. 527-537, dic. de 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.029>
- [31] N. Gotelli y A. Ellison, "Biogeography at a regional scale: determinants of ant species density in new England bogs and forests", *Ecology*, vol. 83 (6), pp. 1604-1609, jun. de 2002. DOI: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[1604:BA ARSD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1604:BA ARSD]2.0.CO;2)
- [32] J. Osorio, M. Goncalves, i. Droze, J. Ely, R. Ferreira y A. E. Loeck, "Effect of climatic variables and vine crops on the epigeic ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) in the Campanha region, state of Rio Grande do Sul, Brazil", *Journal of insect Conservation*, vol. 17, pp. 1113-1123, sep. de 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9592-6>
- [33] L. Solida, L. Luiselli, D. Grasso, D. Eustacchio, A. Mori y A. Fanfani, "Spatio-temporal foraging dynamics in coexisting harvester Ants (Hymenoptera: Formicidae)", *Journal of insect behavior*, vol. 27, (4), pp. 429-438, feb. de 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10905-014-9439-3>
- [34] A. Arenas y I. Armbrrecht, "Gremios y diversidad de hormigas (Hymenopteras: Formicidae) en tres usos del suelo de un paisaje cafetero del Cauca-Colombia", *Biología Tropical*, vol. 66 (1), pp. 48-57, mar. de 2018. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.30269>
- [35] B. Mamani Mamani, M. Loza Murguía, H. Smeltekop, J. Almanza y M. Limachi, "Generic diversity of ants (Himenopteros: Formicidae) in forest set, forest border and areas cultivated three Communities of the Municipality of Coripata, Nor Yungas Department of La Paz, Bolivia", *Journal of the Selva Andina Research Society*, vol. 3 (1), pp. 26-43, jul. de 2012. DOI: <https://doi.org/10.36610/jjsars.2012.030100026>
- [36] M. Pereyra, "Diversidad y composición de especies de hormigas epigeas en paisajes fragmentados del Bosque Chaqueño: patrones de cambio y consecuencias sobre interacciones planta-animal", PhD. tesis, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 2015.
- [37] M. Gallego y B. Salguero, "Ensamblaje de hormigas del bosque seco tropical, jardín botánico de Cali", *Colombia forestal*, vol. 18 (1), pp. 139-150, jun. de 2015. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a08>
- [38] R. Dunn, D. Agosti, A. Andersen, X. Arnan, C. Bruhl, X. Cerda, E. Aaron, B. Fisher, M. Fitzpatrick, H. Gibb, N. Gotelli, A. Gove, B. Guernard, M. Janda, M. Kaspari, E. Laurent, J. Lessard, J. Longino, J. Majer, S. Menke, T. McGlynn, C. Parr, S. Philpott, M. Pfeiffer, J. Retana, A. Suarez, H. Vasconcelos, M. Weiser y N. Sanders, "Climatic drivers of Hemispheric asymmetry in global patterns of Ant species Richness", *Ecology Letters*, vol. 12 (4), pp. 324-333, marz. de 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01291.x>
- [39] J. Longino y R. Colwell, "Density compensation, species composition, and richness of ants on a neotropical elevational gradient", *Ecosphere*, vol. 2 (3) pp. 1-20, mar. de 2011. DOI: <https://doi.org/10.1890/ES10-00200.1>

- [40] T.-S. Kwon, "High competition between ant species at intermediate temperatures," *Journal of thermal biology*, vol. 72, pp. 59-66, feb. de 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.11.015>
- [41] A. Walters y D. Mackay, "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*, vol. 50 (4), pp. 355-360, nov. de 2003. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-003-0685-1>
- [42] G. Vargas, L. Rivera y I. Armbricht, "Sección Morfología, Comportamiento, Ecología, Evolución y Sistemática. Efecto del estrés fisiológico en dos especies de hormigas (formicidae) propias de cafetales con y sin sombra," *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 32 (1), pp. 61-66, jun. de 2006. [En línea]. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v32n1/v32n1a10.pdf>. [Consultado: Marz. 19, 2021].
- [43] K. Chong y C. Lee, "Influences of Temperature, Relative Humidity and Light Intensity on the Foraging Activity of Field Populations of the Longlegged Ant, *Anoplolepis gracilipes* (Hymenoptera: Formicidae)" *Sociobiology*, vol. 54 (2), pp. 531-539, ene. de 2009. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/288789533_Influences_of_temperature_relative_humidity_and_light_intensity_on_the_foraging_activity_of_field_populations_of_the_longlegged_ant_Anoplolepis_gracilipes_hymenoptera_Formicidae. [Consultado: Oct. 4, 2019].
- [44] J. Medeiros, A. Araújo, H. Araújo, J. Queiroz y A. Vasconcellos, "Seasonal activity of *Dinoponera quadricaps* Santschi (Formicidae, Ponerinae) in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil," *Brasileira de entomologia*, vol. 56 (1), pp. 81-85, mar. de 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262012000100013>
- [45] J. Medeiros, D. Azevedo, M. Santana, T. Lopes y A. Araújo, "Foraging activity rhythms of *Dinoponera quadricaps* (Hymenoptera:Formicidae) in its natural environment," *Journal of insect science*, vol. 14 (220), pp. 1-14, dic. de 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu082>
- [46] N. Caldato, L. Forti, S. Bouchebti, J. Lopes y V. Fourcassie, "Foraging activity pattern and herbivory rates of the grass-cutting ant *Atta capiguara*," *Insectes Sociaux*, vol. 63 (3), pp. 421-428, marz. de 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0479-x>
- [47] P. Wiescher, J. Pearce y D. Feener, "Assembling an ant community: species functional traits reflect environmental filtering," *Oecologia*, vol. 169 (4), pp. 1063-1074, feb. de 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2262-7>
- [48] S. Novoa, I. Redolfi y A. Ceroni, "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*, vol. 4 (1-2), pp. 77-81, dic. de 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v4i1-2.301>
- [49] R. Pol y J. Lopez, "Activity patterns of Harvester ants *Pogonomyrmex pronotalis* and *Pogonomyrmex rastratus* in the central monte desert, Argentina," *Journal of insect Behavior*, vol. 17 (5), pp. 647-661, sep. de 2004. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:JOIR.0000042546.20520.c8>
- [50] M. Bozalli, J. Kronenbitter y F. Rocas, "Soil temperatre, digging behaviour, and the adaptive value of nest depth in South American species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants," *Oecologia*, vol. 158 (1), pp. 165-175, jul. de 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1113-z>
- [51] T. Soare, S. Tully, S. Willson, D. Kronauer y S. Donnell, "Choice of nest site protects army ant colonies from environmental extremes in tropical montane forest," *Insectes Sociaux*, vol. 58 (3), pp. 299-308, dic. de 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-010-0134-x>
- [52] F. Lozano, P. Ulloa y I. Armbricht, "Hormigas: Relaciones Especies-Área en Fragmentos de Bosque Seco Tropical," *Neotropical Entomology*, vol. 38 (1), pp. 44-54, feb. de 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000100004>
- [53] D. Solis y O. Bueno, "Thermal tolerances of three tramp ant species (Hymenoptera: formicidae)," *Sociobiology*, vol. 59 (1), pp. 213-223, 2012. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v59i1.678>
- [54] F. Fernández, "Las Hormigas Cazadoras Del Genero *Ectatomma* (Formicidae: Ponerinae) En Colombia," *Caldasia*, vol. 16 (79), pp. 551-564, dic. de 1991. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/268812318_Las_hormigas_cazadoras_del_genero_Ectatomma_Formicidae_Ponerinae_en_Colombia. [Consultado Mar. 22, 2021].
- [55] J. Longino y M. Branstetter, "The truncated bell: an enigmatic but pervasive elevational diversity pattern in Middle American ants," *Ecography*, vol. 42 (2), pp. 272-283, may. de 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.03871>