

HERBIVORÍA DE *Atta cephalotes* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EN PARCHES DE BOSQUE SECO TROPICAL DEL SUR- OCCIDENTE COLOMBIANO*

Laura Marcela Amaya-Hernández¹, Yamid Arley Mera-Velasco², María Cristina Gallego-Ropero³,
James Montoya-Lerma⁴ & Inge Armbrecht⁵

Resumen

Con el fin de profundizar en el conocimiento de la herbivoría de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*) en el bosque seco tropical, se estudió la actividad forrajera de 12 nidos situados en dos parches de bosque seco: seis en el Parque Natural Regional El Vínculo en el departamento del Valle del Cauca y seis en La Pachuca en el departamento del Cauca. A partir de un inventario de nidos presentes en cada parche se evidenció una mayor concentración de éstos en la zona de borde y matriz con respecto al interior de los parches con un 84,11% para el parche de El Vínculo y un 100% para La Pachuca. Con el objeto de establecer si estas zonas ofrecen más y mejores recursos a las hormigas que el interior de los parches, entre octubre de 2015 y junio de 2016, se recolectaron 300 fragmentos foliares que transportaban las hormigas, a un metro de la boca principal y a 1,2 metros del suelo sobre la pista arbórea en cada nido. Una vez identificadas las especies vegetales, el área foliar de estos fragmentos fue medida y pesada en fresco y en seco. Además, en cada nido se tomaron diferentes medidas como largo, ancho y longitud de las pistas de forrajeo y se realizó el conteo de la cantidad de bocas inactivas y activas. Se encontró que los nidos se fundan en el borde y la matriz por ser áreas con procesos sucesionales iniciales que son garantía de presencia de plantas pioneras, de hojas muy palatables y aptas para el consumo de las hormigas. Las especies de Fabaceae fueron las más preferidas. El área foliar de los fragmentos vegetales no presentó diferencias significativas entre las diferentes recolectas, ni entre nidos. Por otro lado, el peso fresco y seco de los fragmentos recolectados fue mayor en los nidos del parche de bosque El Vínculo y no hubo diferencias significativas entre el número de fragmentos de hojas recolectados en las pistas de forrajeo. La cantidad de bocas activas fue la única variable que presentó significancia estadística para los nidos de La Pachuca. Se interpreta que la actividad de forrajeo es consistente en los diferentes parches de bosque seco que subsisten en la zona suroccidente de Colombia.

Palabras clave: Hormigas arrieras, área foliar, peso fresco y seco.

* FR: 18-II-2019. FA: 28-II-2019.

¹ Bióloga, Departamento de Biología. Universidad del Cauca. E-mail: lauramayabio@gmail.com ORCID 0000-0002-9248-7236

² Profesor Departamento de Biología. Universidad del Cauca. E-mail: ymera@unicauca.edu.co ORCID 000-0002-5221-8824

³ Profesora titular, Departamento de Biología, Universidad del Cauca. E-mail: mgallego@unicauca.edu.co ORCID 0000-0001-9457-9487

⁴ Profesor asociado, Departamento de Biología. Universidad del Valle. E-mail: james.montoya@correounivalle.edu.co ORCID 0000-0003-2122-1323

⁵ Profesora titular, Departamento de Biología. Universidad del Valle. E-mail: inge.armbrecht@correounivalle.edu.co. ORCID 0000-0003-0574-2559

CÓMO CITAR:

AMAYA, L.M., MERA, Y.A., GALLEGO, M.C., MONTOYA, J. & ARMBRECHT, I., 2019.- Herbivoría de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) en parches de bosque seco tropical del sur-occidente colombiano. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 23 (2): 171-189. DOI: 10.17151/bccm.2019.23.2.9



HERBIVORY OF *Atta cephalotes* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) IN PATCHES OF TROPICAL DRY FOREST OF THE COLOMBIAN SOUTH-WEST REGION

Abstract

In order to get a broad knowledge of the herbivory of the leaf cutting ant, *Atta cephalotes*, in the tropical dry forest, the foraging activity of twelve ant nests was studied in two patches of the dry forest: six in El Vínculo regional natural park in the Department of Valle del Cauca and six in La Pachuca in the Department of Cauca. From an inventory of nests present in each patch, a greater concentration of them was found in the edge and matrix area with respect to the interior of the patches being 84.11% for El Vínculo and 100% for La Pachuca. With the purpose of establishing if these areas offer more and better resources to the ants than the interior of the patches, a total of 300 leaf fragments that the ants transported were collected one meter from the main mound and 1.2 meters from the soil on the tree track in each nest between October 2015 and June 2016. Once the plant species were identified, the foliar area of these fragments were measured and weighed in their fresh and dry forms. In addition, different metric measures such as length, width and length of the foraging tracks were taken in each nest and the number of inactive and active mounds was made. It was found that the nests are founded at the edge and the matrix because they represent areas with initial successional processes that warrant the presence of pioneer plants with very palatable leaves and suitable for the consumption of the ants. The Fabaceae species was the most preferred. The foliar area of the plant fragments did not show significant differences between the diverse collections, nor among nests. On the other hand, the fresh and dry weight of the fragments collected was greater in the nests of El Vínculo forest patch and there were no significant differences among the number of leaf fragments collected on the foraging tracks. The number of active mounds was the only variable that presented statistical significance for the nests of La Pachuca forest patch. It is interpreted that the foraging activity is consistent in the different patches of dry forest that subsist in the southwestern region of Colombia.

Key words: Leaf-cutting ants, nests, leaf area, fresh and dry weight.

INTRODUCCIÓN

Los insectos sociales responden a los cambios en las condiciones ambientales como aquellos generados por la creación de bordes debido a la fragmentación del hábitat (ARENAS & ROCES, 2017). Algunas especies evitan establecerse en estas áreas mientras que otras proliferan en ellas debido, especialmente, a las alteraciones de tipo

“bottom-up” y “top-down” reflejados en bajos niveles de depredación/parasitismo y/o incremento en la disponibilidad de recursos (WIRTH *et al.*, 2008; TABARELLI *et al.*, 2010). Estudios como los de URBAS *et al.* (2007) y WIRTH *et al.* (2007), en el bosque húmedo brasileño, evidencian un aumento en la densidad de colonias de hormigas cortadoras de hojas en áreas de borde y a su vez un incremento en las tasas de herbivoría en estas áreas.

Las hormigas cortadoras de hojas pertenecen a la tribu Attini, la cual comprende 16 géneros y 256 especies (SOSA-CALVO *et al.*, 2013; FERNÁNDEZ *et al.*, 2015) entre los cuales se destacan los géneros *Atta* (Fabricius, 1804) y *Acromyrmex* (Mayr, 1865) (Hymenoptera: Formicidae) por su alto grado de herbivoría y coevolución con hongos basidiomicetos que constituyen su alimento (SCHULTZ & BRADY, 2008). Las hormigas cortan trozos de partes vegetales frescas (limbo foliar, peciolo, flores y epicarpio) y propagan al hongo dentro de los nidos. Varios autores las consideran los herbívoros generalistas más importantes del Neotrópico (WEBER, 1972; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990, 2011), a la par que se constituyen en plagas de cultivos al coleccionar grandes cantidades de biomasa vegetal (LUGO *et al.*, 1973; SILVA-PINHATI *et al.*, 2005; MONTOYA-LERMA *et al.*, 2012).

CHERRETT (1989) estimó que entre el 12 y 17% de la producción de hojas de un bosque primario es colectada por estas hormigas. De igual forma, su gran capacidad de búsqueda les permite explorar varios sustratos alimenticios que se encuentran en proximidades de los nidos y obtener la energía necesaria para la supervivencia de la colonia (FORTI *et al.*, 1984).

Las cortadoras de hojas proliferan en hábitats alterados (CARVALHO *et al.*, 2012) o en áreas en estados iniciales de sucesión en donde pueden coleccionar especies de plantas pioneras por poseer menos defensas químicas, que especies de estados sucesionales tardíos (COLEY 1983). Además de la abundancia de las cortadoras en ecosistemas antrópicos, la composición vegetal de las matrices en las que quedan inmersos los parches de bosque (pasturas ganaderas o cultivos agrícolas) tienen un alto impacto en las actividades forrajeras de las hormigas, alterando sus dinámicas naturales (SÁNCHEZ & URCUQUI, 2006). Entre los hábitats alterados donde las cortadoras pueden incrementar su actividad se encuentra el bosque seco tropical (Bs-T), cuya área ha sido sustancialmente disminuida con el avance de la frontera agrícola y el asentamiento de muchas poblaciones. La vegetación en estas áreas es considerada como una de las más amenazadas en todos los trópicos (JANZEN, 1988). En el caso de Colombia, se calcula que tan solo queda aproximadamente un 8% del área original de bosque seco y de este el 5% está protegido en reservas (PIZANO & GARCÍA, 2014).

En el sur-occidente de Colombia, se reporta la desaparición de un 94% de las coberturas originales (CVC, 2007) tanto de humedales, bosques inundables como de

bosque seco. Según VARGAS (2012), del bosque seco en esta región sólo permanecen parches que varían entre 1 y 330 hectáreas. De hecho, la gran mayoría poseen entre 1 y 9 hectáreas, aproximadamente, siendo pocos los parches con un área mayor a 100 hectáreas (ARCILA-CARDONA *et al.*, 2012), que, además, están muy dispersos y sin conectividad.

Esta fragmentación, debida principalmente a una matriz antropogénica de cultivos de caña de azúcar, frutales, potreros, expansión urbana, carreteras o áreas con asentamiento humano, ha ocasionado que muchas especies terminen alterando sus ciclos biológicos e incidan en las nuevas dinámicas agrícolas y ecológicas. Tal es el caso de los parches de bosque seco del Valle del río Patía, al sur del departamento del Cauca y del Parque Natural Regional El Vínculo en el Valle del Cauca. Ambos rodeados por matrices de transformación ganadera y agrícola, y en los cuales se evidencia un acelerado deterioro que pone en riesgo los procesos ecológicos que aseguran su funcionalidad (MAASS *et al.*, 2005).

El presente estudio, estuvo encaminado a evaluar la herbivoría de *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) en dos parches de bosque seco tropical ubicados en los departamentos de Cauca y Valle del Cauca. Para ello, se tuvieron en cuenta las especies vegetales defoliadas, el área foliar, peso fresco y seco de los fragmentos vegetales cortados por las hormigas, así como la caracterización de sus nidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Áreas de estudio. Los muestreos se realizaron en dos parches de bosque seco tropical (HOLDRIDGE, 1978) caracterizados por ser bosque secundario en regeneración con zonas aledañas de cultivos de caña de azúcar, pasturas, potreros y áreas con asentamiento humano. El primero, La Pachuca, con un área de 10,8 ha, en el municipio del Patía al sur del Cauca y el segundo, en el Parque Natural Regional El Vínculo (70 ha) en jurisdicción del municipio de Buga, en el corregimiento El Vínculo (Figura 1), Valle del Cauca. Los dos parches de bosque están ubicados en la parte central del valle geográfico tanto del río Patía en el departamento del Cauca como del río Cauca en el Valle del Cauca sobre el piedemonte de las cordilleras occidental y central respectivamente, entre rangos altitudinales que van desde los 600 a los 1150 msnm, sin elementos de conectividad con otras áreas naturales. Para estas dos regiones, la temperatura promedio es de 25°C, con máximas de 38°C (IAvH, 1998), y precipitación anual entre 1000-2000 mm; el 70% de las precipitaciones se concentran entre marzo-abril y septiembre-octubre (CRC, 2009; PARRA & ADARVE, 2001).

Los parches de Bs-T en el departamento del Cauca corresponden a pequeñas extensiones de áreas planas, situadas en cercanías de las riberas de quebradas, donde una gran parte de la vegetación original fue quemada y substituida por cultivos y pastizales

para ganadería. Estos remanentes se encuentran entre 500 y 800 msnm y su vegetación está estructuralmente definida por la cobertura y la altura de los árboles. Se pueden identificar dos grandes clases de cobertura: una dominada por pastizales debido a las intervenciones y otra por el componente arbóreo y arbustivo (VERGARA, 2015).

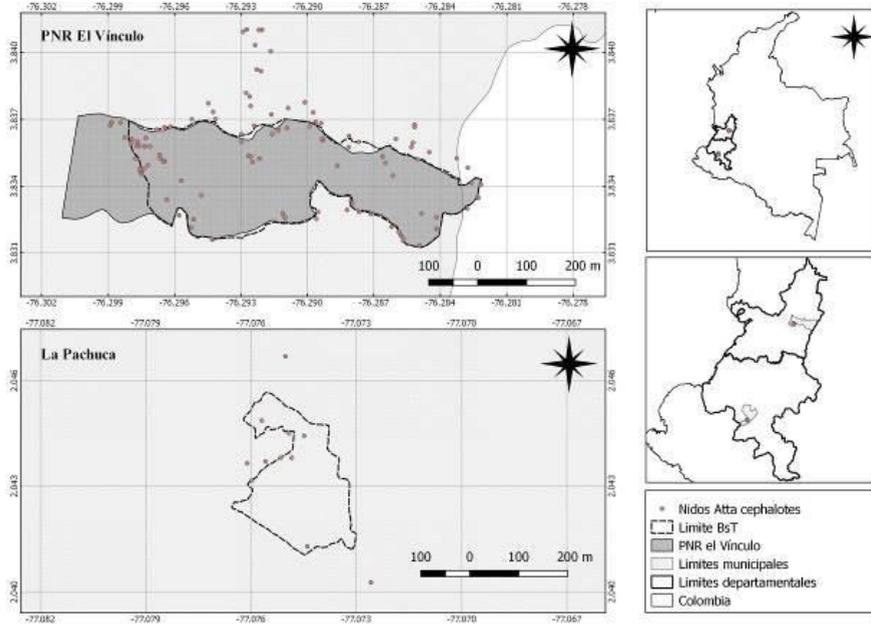


Figura 1. Parches de bosque seco y localización de nidos de hormiga arriera *Atta cephalotes*. Parque Natural Regional El Vínculo y La Pachuca.

El parche de bosque del parque natural regional (PNR) El Vínculo, es el área protegida más grande en el Valle del Cauca y una de las de mayor tamaño de este tipo de ecosistemas en el país (IAvH, 1997; ADARVE *et al.*, 2010). Tiene aproximadamente 43 años de recuperación natural y se caracteriza por poseer un bosque secundario en estado de regeneración el cual se ha destacado por el desarrollo de diferentes trabajos de origen biológico (ARMBRECHT & CHACÓN DE ULLOA, 1997; PARRA & ADARVE, 2001; ADARVE *et al.*, 2010).

Muestréos, selección y caracterización de nidos. En las zonas se realizaron cuatro muestreos entre octubre de 2015 y junio de 2016. Para ello, en primera instancia, se procedió a seleccionar y caracterizar los nidos de *A. cephalotes*. La confirmación de la identidad taxonómica de la especie se llevó a cabo mediante las claves taxonómicas de MACKAY & MACKAY (1986) y FERNÁNDEZ *et al.* (2015).

En las dos áreas se recorrieron los parches de bosque seco en su totalidad y una franja de 250 m, alrededor, desde el borde hasta la matriz. Se procedió al censo y

georreferenciación (GPS Garmin 30 Xtrex) de los nidos de la hormiga que fueron localizados geográfica y espacialmente en mapas. Los datos fueron convertidos en coordenadas planas y exportados al programa QGIS 2.14 (Quantum GIS Development Team, 2016), con el cual se generaron los mapas de distribución, ubicación y puntos de muestreo.

A partir de los mapas de cada parche de bosque se escogieron seis nidos: dos en la matriz, dos en el borde y dos internos. Se debe tener en cuenta que en el fragmento de bosque La Pachuca solo se encontraron nidos en el borde y en la matriz, lo cual sugiere que este parche de bosque se comporta en su totalidad como un borde debido al estado de sucesión en que se encuentra, coincidiendo con el estudio de GAMBOA (2015), donde se evidencia que no hubo diferencias significativas en los resultados de lluvia de semillas entre matriz, borde e interior de este parche de bosque.

De cada nido se tomaron las siguientes mediciones: número de pistas de forrajeo activas, largo y ancho de ellas hasta la fuente de forrajeo (cinco medidas en la parte más angosta y cinco medidas en la parte más ancha, en lo posible), número de bocas activas e inactivas. Además, se realizó la caracterización y verificación de la actividad de los nidos al perturbarlos.

Medición de herbivoría en los nidos. En cada uno de los nidos seleccionados, se ubicó un punto fijo y se hicieron tres videograbaciones de las hormigas con carga durante un minuto, con un tiempo de espera de un minuto entre grabaciones.

Simultáneamente, para cada nido seleccionado, se obtuvieron 300 fragmentos de hojas transportadas por las hormigas, a 1,20 metros del suelo, directamente sobre la planta forrajada para garantizar la procedencia de la especie vegetal. De igual manera, se recolectaron 300 fragmentos a un metro de distancia de la boca principal de cada uno de los nidos. Esto se hizo manualmente, es decir arrebatando a las hormigas los fragmentos. Los muestreos se iniciaron a partir de las 19 h en los nidos donde se observaba mayor actividad.

En el análisis del área foliar de los fragmentos se empleó el programa ImageJ® (SCHNEIDER *et al.*, 2012), teniendo como referencia una escala en centímetros en cada imagen. En este análisis, las imágenes fueron convertidas a formato binario blanco y negro de ocho bits, con el fin de maximizar el contraste de las imágenes foliares y optimizar su medición. Posteriormente, siguiendo a CORNELISSEN *et al.* (2003), se obtuvieron los datos de pesos fresco y seco (en horno a 70°C por 48 horas) de estos fragmentos empleando una balanza de precisión (AWS SC 2000 g – 0,1 g).

En las especies vegetales defoliadas se identificó si se trataba de árbol, arbusto, hierba u otro. Para su determinación taxonómica se recolectaron los especímenes y se llevaron al

herbario de la Universidad del Cauca, donde se compararon con la colección existente para la zona de estudio confirmando su identidad con ayuda de especialistas.

Análisis estadístico. Una vez verificados los supuestos de normalidad de los datos, se aplicó un modelo lineal mixto generalizado asociado a una distribución de probabilidad de Poisson con el objeto de determinar diferencias entre el número de hormigas cargando hojas en pista arbórea y boca principal y el tipo de sustrato forrajado.

Las comparaciones del área de fragmentos foliares no cumplieron con los supuestos de normalidad, para lo cual se llevaron a cabo pruebas de medidas repetidas no paramétricas con base en los datos recolectados en la pista arbórea entre nidos mediante las pruebas de Friedman, Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. Sin embargo, en el análisis de las áreas de los fragmentos foliares por mes y de los fragmentos foliares recolectados en la boca principal se utilizó una Anova. Con el fin de establecer cuáles variables específicas presentaron diferencias significativas se aplicó la prueba de contrastes múltiples de Tukey.

El procesamiento estadístico se realizó en el software de programación para el análisis de datos y gráficos de libre distribución R versión 3.3.1 (R Development Core Team, 2005), empleando un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad y distribución de nidos

El total de nidos registrados en el borde y dentro del parche de bosque seco del PNR El Vínculo presentó una densidad de 0,68 nidos/hectárea y en La Pachuca se obtuvo una densidad de 0,64 nidos/hectárea (Tabla 1).

Estos resultados son menores a los encontrados por CARVALHO *et al.* (2012), en donde reportan densidades totales de 2,4 nidos/ha y 1,4 nidos/ha de las especies *A. cephalotes*, *A. laevigata* (F. Smith, 1858) y *A. sexdens* (Linnaeus, 1758) en dos parcelas experimentales, una sometida a quemas periódicas y otra de control en un bosque de transición en la Amazonía. En bosques de eucalipto, RAMOS *et al.* (2008) estimaron una densidad de 10 nidos/ha de *A. sexdens rubropilosa* y *A. laevigata* y CALDEIRA *et al.* (2005) de 29,3 nidos/ha de *Atta* spp. Estos estudios indicaron que la densidad de nidos aumenta en función de la perturbación, pudiendo ser mucho mayor (hasta 30 veces) en bosques secundarios que en bosques primarios (VASCONCELOS & CHERRETT, 1995).

Tabla 1. Datos de nidos *A. cephalotes* registrados en los parches de bosque El Vínculo en el Valle del Cauca y La Pachuca en Patía- Cauca.

Localización	El Vínculo		La Pachuca	
	Nidos	%	Nidos	%
Matriz	59	55,14	4	36,36
Borde	31	28,97	7	63,64
Interior	17	15,89	0	00,00
Total	107	100,00	11	100,00

En los dos parches de bosque, tanto el borde como la matriz, presentan una tendencia a concentrar una mayor cantidad de nidos (Tabla 1), lo que coincide con lo registrado por SILVA *et al.* (2009). Es posible que la densidad de nidos de la hormiga arriera aumente con el estado de sucesión del bosque. Es decir, bosques en estados iniciales de sucesión o con mayor alteración presentan mayor densidad de nidos. Esto se evidencia en los parches de bosque de los sitios de estudio que se encuentran en un estado de sucesión temprana y presentan una matriz de uso de suelo semejante, caracterizándose principalmente por cultivos de caña, potreros y pasto de corte, uso que se le ha dado debido a la fertilidad de sus suelos y que se observa con mayor intensidad en La Pachuca. Según JANZEN (1988), estas presiones inciden en la colonización de lugares para nidificación.

En cuanto a la distribución, según MEYER *et al.* (2009) y WIRTH *et al.* (2007), existe una tendencia de preferencia de *A. cephalotes* a la nidificación en áreas abiertas, ya que después de realizado su vuelo nupcial tiene predilección por iniciar sus nidos en lugares con grandes focos de luz, áreas perturbadas o cerca de caminos. Esto responde a condiciones de temperatura, luminosidad y disponibilidad de especies de plantas palatables y pioneras, necesarias para su supervivencia en el proceso de colonización (VASCONCELOS, 1990). En este estudio fue notoria la proximidad del conglomerado de nidos al borde de los relictos boscosos (Figura 1), demostrando el establecimiento de los nidos en áreas con procesos sucesionales iniciales donde se establecen las mencionadas plantas pioneras (FARJI-BRENER, 2001; WIRTH *et al.*, 2003). En los dos parches se presentan plantas como “uña de gato” (*Zanthoxylum fagara*), “mapurito” (*Z. caribeum*), “tachuelo” (*Z. schreberi*), “cañafistula” (*Cassia grandis*), “sena” (*Senna obtusifolia*), “iguá” (*Albizia guachapele*), “guásimo” (*Guazuma ulmifolia*) (Anexo 1) que sirven de alimento tanto en el borde como en la matriz (FARJI-BRENER, 2001; ADARVE *et al.*, 2010).

Se debe resaltar que, en los dos parches de bosque, los conglomerados de los nidos se caracterizaron por estar presentes en terrenos inclinados, lo que permite suponer que dicha distribución se relaciona con sitios poco susceptibles a inundaciones. Por su parte ROCKWOOD (1973, en comunicación personal con Haines), registró que *A. cephalotes* prefería localizarse en zonas altas y secas a diferencia de *A. colombica* (GUÉRIN – MÉNEVILLE, 1844), en Barro Colorado.

Está documentado que la dieta de *A. cephalotes* es generalista y oportunista, es decir que utiliza diferentes recursos disponibles (hojas jóvenes y maduras, semillas, partes florales, etc.) de diferentes especies vegetales, lo cual permite que se adapte mejor a un mayor número de hábitats (FERNÁNDEZ *et al.*, 2015). Al realizar la caracterización de las plantas forrajeadas por las hormigas, se registraron 20 familias, 35 géneros y 46 especies, de las cuales 25 son árboles, 11 arbustos y 10 hierbas (Anexo 1). Se registraron cinco especies como exóticas: *Delonix regia*, *Mangifera indica*, *Aleurites fordii*, *Cassia fistula*, *Citrus limon*, 11 con crecimiento herbáceo y una especie de Verbenaceae como naturalizada (*Lantana camara*), para el parche de bosque La Pachuca (Figura 2).

Los resultados de este estudio dan soporte a las observaciones de COLEY (1983), quien encontró que los niveles de herbivoría, causados por diferentes grupos de artrópodos en hojas maduras de las especies pioneras, eran seis veces mayor que en las de especies persistentes, aun así, su crecimiento fue 2,5 veces más rápido; el hecho de que su tolerancia a la herbívora sea alta, sugiere que la producción de hojas no tiene un elevado costo energético; también plantea algunas razones por las cuales las especies pioneras son preferidas por los herbívoros, entre las que se cuenta una baja concentración de fibra, fenoles y una menor dureza, sumada a altos niveles de nitrógeno y agua.

En los bosques de estudio, la familia Fabaceae fue la más abundante (18,87%) seguida de Rutaceae (9,43%) (Figura 2). CORREA & CORREA (2011) afirman que las hormigas cortadoras de hojas no atacan todas las especies vegetales con la misma frecuencia o intensidad en ecosistemas naturales. Esto fue observado principalmente en El Vínculo. Una posible explicación es que las plantas son seleccionadas con base en su vulnerabilidad y calidad nutritiva para las hormigas, para el hongo simbiote o para ambos (COLEY 1983). Las especies de la familia Fabaceae, presentan una amplia distribución y diversidad en los trópicos y se caracterizan por ser claves en los procesos de restauración del bosque seco, debido a su alta capacidad de adaptación, de colonización, fijación de nitrógeno, fácil propagación y alta tasa de crecimiento (GENTRY 1995). Por otra parte, las plantas introducidas o cultivadas, como las de la familia Rutaceae, son más susceptibles al ataque de las cortadoras.

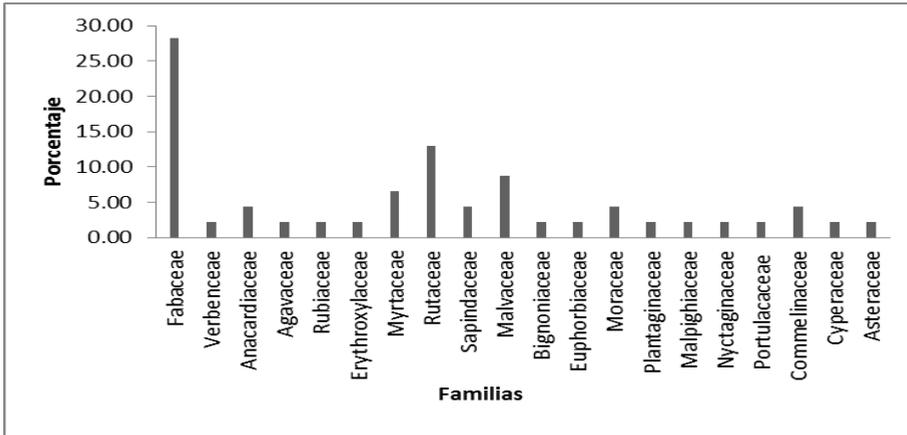


Figura 2. Familias de plantas forrajeadas por *Atta cephalotes* en los bosques de estudio La Pachuca, Patía- Cauca y El Vínculo, Valle del Cauca.

Caracterización de nidos

El análisis de las características de los nidos no reveló diferencias significativas ($p > 0,05$) entre su ubicación (matriz, borde e interior) y las variables de estudio (área, ancho, largo y bocas activas e inactivas), tanto para el PNR El Vínculo como para La Pachuca (con excepción del largo del nido) (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización de nidos en el parche de bosque El Vínculo y La Pachuca.

Variable	Promedio – sd			Análisis de Varianza		
	Matriz	Interior	Borde	Estadístico	valor <i>p</i>	
El Vínculo	Largo nido	17,7 ± 7,4	12,5±3,5	11,5±0,7	$F_{(1,12)} = 0,930$	0,466
	Ancho nido	13,3± 2,2	13,0±2,1	13,0± 4,2	$F_{(1,12)} = 0,010$	0,990
	Área (m ²)	245,0±142,1	158,8±19,4	148,0±39,6	$F_{(1,12)} = 0,685$	0,554
	Nº Bocas Activas	5,3 ±1,5	8,0± 1,4	3,5±0,7	$F_{(1,12)} = 5,734$	0,067
	Nº Bocas Inactivas	38,3 ±19,6	22,0±2,8	13,0±1,4	$F_{(1,12)} = 2,119$	0,236
La Pachuca	Largo nido	13,34 ±3,48		28,44±6,55	$F_{(1,12)} = 8,612$	0,043
	Ancho nido	9,35 ±0,43		24,75 ±7,76	$F_{(1,12)} = 6,982$	0,057
	Área (m ²)	124,04± 26,79		740,34±395,66	$F_{(1,12)} = 4,307$	0,107
	Nº Bocas Activas	50,50 ±2,12		53,50±8,88	$F_{(1,12)} = 0,198$	0,679
	Nº Bocas Inactivas	50,50 ±13,43		88,75±45,35	$F_{(1,12)} = 1,228$	0,330

El área promedio de los nidos en los dos parches de bosque no presentó diferencias significativas y fue mucho mayor que el reportado por MONTROYA-LERMA *et al.* (2006) de 39,46 m² en zonas verdes de algunas comunas de la ciudad de Cali. ESCOBAR *et al.* (2001) obtuvieron un promedio de 101,25 m² en nidos de áreas urbanas de cuatro municipios del Chocó. CHAVES (2006) reporta un promedio de 54,02 m²; datos de nidos de la reserva natural de la sociedad civil, Pozo Verde, en Jamundí (Valle del Cauca). Estos datos sugieren un dinamismo en la colonización de la hormiga arriera en ambientes urbanos (MONTROYA-LERMA *et al.*, 2006). Según este estudio se puede sugerir que la disponibilidad de recurso y la ausencia de cualquier tipo de control (conversación personal con habitantes próximos a las zonas de estudio), permite un mayor desarrollo de las colonias, en este caso observado en el promedio del tamaño de los nidos presentes en los bosques de La Pachuca y El Vínculo, respectivamente (Tablas 1 y 2).

Las variables de las pistas de forrajeo, largo y ancho (máximo y mínimo), no presentaron diferencias significativas en los dos fragmentos de bosque (Tabla 3). Con respecto al ancho de las pistas, MONTROYA-LERMA *et al.* (2006) encontraron un promedio de 11,14 cm para la pista principal de los nidos caracterizados, semejante a lo encontrado en El Vínculo y La Pachuca.

Tabla 3. Caracterización de pistas de forrajeo utilizadas por *Atta cephalotes* en El Vínculo y La Pachuca.

Variable	Promedio sd			Análisis de varianza		
	Matriz	Interior	Borde	Estadístico	Valor p	
El Vínculo	Largo de la pista	30,9 ± 26,8	26,4 ± 22,4	49,0 ± 41,8	F _(1,25) = 0,232	0,641
	Ancho máximo	11,2 ± 6,6	5,6 ± 2,9	7,9 ± 2,8	F _(1,25) = 1,29	0,282
	Ancho mínimo	5,1 ± 1,9	3,1 ± 0,8	4,3 ± 1,2	F _(1,25) = 1,574	0,238
La Pachuca	Largo de la pista	46,79 ± 36,56		27,94 ± 25,38	F _(1,25) = 2,28	0,144
	Ancho máximo	9,71 ± 4,05		7,78 ± 3,17	F _(1,25) = 1,66	0,21
	Ancho mínimo	6,05 ± 1,85		4,66 ± 1,89	F _(1,25) = 2,832	0,105

Los resultados sugieren que existe relación directa entre la intervención antrópica y la densidad de nidos, hecho más evidente en el parche de La Pachuca que en el Vínculo, los cuales, como descritos anteriormente, se encuentran rodeados por una matriz heterogénea donde estas condiciones permiten sugerir que la composición de la matriz influye en la dinámica de forrajeo, específicamente en las distancias que recorren siendo determinante en el acceso a sustratos (SÁNCHEZ Y URCUQUI, 2006). Es así como en el parche de La Pachuca uno de los nidos ubicado a 100 m del borde, sobre la matriz y otro nido ubicado a 18 m del borde, hacia el interior del bosque, presentaron las pistas con las mayores distancias recorridas por las hormigas

durante el forrajeo, dirigido hacia plantas ubicadas en la matriz, especialmente limón (*Citrus latifolia*), tamarindo (*Tamarindus indica*) y mango (*Mangifera indica*); de igual manera, para esta zona se destacó una pista de aproximadamente 109 metros dirigida hacia el interior del parche de bosque, en donde las hormigas forrajearon intensamente un árbol de *C. latifolia*, prefiriendo este (de forma temporal) a especies propias del bosque que se encontraban alrededor.

Defoliación por *Atta cephalotes* en parches de bosque seco tropical

Al analizar si el área foliar de los fragmentos colectados en los diferentes nidos de estudio (matriz, interior y borde) en El Vínculo presentaban diferencias, se observó que en el borde los fragmentos de hojas colectados son un poco más pequeños; en relación con la matriz y el interior. De igual forma, los fragmentos del interior del bosque, en noviembre y diciembre, fueron mayores en proporción a los fragmentos de los otros nidos, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa, cuando se analiza en términos de meses y ubicación con base al área foliar.

El análisis del número de hormigas forrajeando entre la pista arbórea y la boca principal, entre la localización de los nidos (matriz, interior y borde) y los meses evaluados (Tabla 3), presentó diferencias significativas entre los lugares pista arbórea y boca principal (177,698; $p < 2,2e-16$). Se encontró, en promedio, un mayor número de hormigas forrajeando en la boca principal (90 hormigas) en comparación con la pista arbórea (61 hormigas) para El Vínculo; y para la Pachuca, respectivamente, 43 y 13 hormigas en promedio. Esta diferencia se debe a que la pista que llegaba a la boca principal presentaba bifurcaciones, lo cual se hizo evidente a través de la diversificación del material vegetal colectado (Figura 2). Además, se observó que la localización del nido tiene un efecto significativo sobre la cantidad de hormigas forrajeando (77,485; $p < 2,2e-16$).

La prueba de contrastes múltiples por pares de Tukey, evidenció que la cantidad de hormigas forrajeras entre localizaciones interior y matriz no fueron estadísticamente diferentes ($p=0,668$), pero ambas difieren significativamente del borde ($p < 0,0001$), corroborando lo observado en trabajos de BARRERA *et al.* (2015) y URBAS *et al.* (2007), los que evidencian colonización en este hábitat, indicando que la actividad de forrajeo es influenciada por el mayor o menor número de hormigas con base a su localización.

Esto soporta la hipótesis de la preferencia de las hormigas por el establecimiento en áreas abiertas o intervenidas, resultando en mayores tasas de colonización a pesar de los elevados índices de depredación (VASCONCELOS *et al.*, 2006; MEYER *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2009). Es por tanto, posible suponer, a su vez, que la actividad de forrajeo en estos lugares sea mucho mayor, debido al comportamiento de nidificación

de las reinas. Es decir, que las reinas al preferir el establecimiento de sus nidos en el suelo descubierto (VASCONCELOS *et al.*, 2006), aumentan su actividad teniendo en este espacio (borde) una mayor oferta de alimento debido a una mayor disponibilidad de especies arbóreas pioneras.

WIRTH *et al.* (2008) al revisar literatura del efecto borde, sobre el patrón de distribución y la herbivoría de hormigas cortadoras, reportan que el 50% de 32 trabajos encontraron un efecto positivo de los bordes sobre el incremento de las tasas de herbivoría. Es así que URBAS *et al.* (2007), en el bosque atlántico brasileño, encontraron que colonias de *A. cephalotes* ubicadas en el borde del bosque eliminaron aproximadamente el doble de área foliar de sus áreas de forrajeo con respecto a las colonias del interior del bosque (14,3% *vs.* 7,8% colonia/año). Estas tasas altas de herbivoría dentro de la zona de borde del bosque fue una consecuencia de la reducción de las áreas de forrajeo y un índice de área foliar moderadamente inferior en este hábitat.

Peso de los fragmentos foliares colectados por *Atta cephalotes*

Antes de realizar la comparación del peso fresco y seco de los fragmentos recolectados en la boca principal y en la pista arbórea entre los nidos de los parches de bosque, se descartaron posibles diferencias de peso entre los fragmentos foliares recolectados de los nidos presentes en la matriz, interior y borde del parche de bosque El Vínculo. Encontrando que no existen diferencias significativas entre las ubicaciones de los nidos en la boca principal con relación al peso fresco ($\chi^2_{(2)} = 0,5192$; $p=0,7714$) y al peso seco ($\chi^2_{(2)} = 0,4045$; $p=0,8169$), es decir, se carga similar peso en los nidos de la matriz, interior y borde. De igual manera ocurrió en la pista arbórea con relación al peso fresco ($\chi^2_{(2)} = 2,7267$; $p=0,2558$) y al peso seco ($\chi^2_{(2)} = 1,1262$; $p=0,5694$).

Tabla 4. Análisis de devianza para los fragmentos vegetales colectados en la boca principal y en la pista arbórea teniendo en cuenta el parche de bosque.

Boca principal			
Factor - variable	Estadístico Chi	Grados de libertad	p
Lugar (peso fresco)	8,4472	1	0,0036
Lugar (peso seco)	19,6467	1	9,3e-6
Pista arbórea			
Lugar (peso fresco)	0,9499	1	0,3297
Lugar (peso seco)	3,5309	1	0,0602

El peso fresco de los fragmentos foliares colectados en la boca principal fue mayor en El Vínculo ($\bar{x}=7,72$; $S=1,25$) en comparación con La Pachuca ($\bar{x}=5,98$; $S=1,95$), del mismo modo que el valor de peso seco, el cual fue para El Vínculo de $\bar{x}=2,57$; $S=0,396$ con relación a La Pachuca $\bar{x}=1,58$; $S=0,729$. Los valores de peso fresco y seco de los fragmentos colectados en la pista arbórea tanto de La Pachuca como El Vínculo

no presentaron diferencias (Tabla 4).

Los sitios de colecta no tuvieron un efecto significativo sobre el peso fresco y seco de los fragmentos colectados en la boca principal y en la pista arbórea, lo cual indica que entre los meses el peso fresco y seco de los fragmentos fue similar para las colectas realizadas en los nidos tanto de La Pachuca como El Vínculo (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de devianza para el peso fresco y seco de los fragmentos vegetales colectados en la boca principal y en la pista arbórea teniendo en cuenta el mes de muestreo.

Factor	Estadístico Chi	Grados de libertad	p
Pista arbórea			
Muestreo (peso fresco)	3,7946	2	0,1500
Muestreo (peso seco)	0,1514	2	0,9271
Boca principal			
Muestreo (peso fresco)	5,7856	3	0,1178
Muestreo (peso seco)	2,5146	3	0,4727

Estos resultados pueden deberse a las características fisiológicas de las especies vegetales que, a su turno, son reflejo de las condiciones climáticas de cada zona. En el Patía las condiciones ambientales presentan sequía más extrema con relación a El Vínculo. Según WETTERER (1990, 1991), los fragmentos vegetales pueden diferir en el peso, puesto que hay hojas más delgadas que otras, dependiendo de la especie y de las condiciones de crecimiento, así como características estructurales de las hojas (simple o compuesta), densidad o dureza, que influyen en el área forrajada además de las características alométricas, esto teniendo presente a su vez que el área foliar de los fragmentos colectados por *Atta cephalotes* se incrementa, aproximadamente, en proporción al cuadrado de la longitud de las patas posteriores (CHERRETT, 1972).

CONCLUSIONES

Tanto en El Vínculo como en La Pachuca se hace evidente la preferencia que las hormigas *Atta cephalotes* tienen por establecerse en zonas de transición o borde, de tal manera que las distancias que recorren hacia las fuentes de forrajeo, están moduladas por la presencia de especies palatables de uso agrícola, presumiblemente debido a que estas plantas presentan mejor estatus nutritivo y menor cantidad de compuestos secundarios como fue expuesto por FARJI-BRENER (2001).

Por otro lado, para las condiciones ambientales de La Pachuca, más extremas que para

El Vínculo, se reflejó en la disminución de la cantidad de hormigas forrajeras, pues la actividad se vio disminuida en la temporada cercana a los meses considerados como secos, lo cual está respaldado por los valores de peso fresco y seco, mayores para los fragmentos colectados en El Vínculo.

Así pues, se observa una mayor presión de herbívora en estas zonas (bordes) acompañada de diferentes presiones antropogénicas y por tanto, se evidencia el consecuente papel que estas hormigas ejercen como ingenieras del ecosistema. Lo anterior es más notorio en ecosistemas alterados y en bosques secundarios como los bosques secos tanto del Valle del Cauca como del Cauca, encontrados en estado de sucesión temprano. Se manifiesta la urgencia de conservar estos pequeños parches de bosque seco, así como implementar estrategias encaminadas a la recuperación de este tipo de ecosistemas, teniendo en cuenta que estos demuestran una lenta recuperación y un continuo cambio debido a presiones como la tala e introducción de monocultivos agrícolas y forestales, propiciando un ambiente ideal para la colonización por hormigas cortadoras de áreas antes no ocupadas.

Agradecimientos

A los habitantes del Patía y La Pachuca, a los trabajadores de El Parque Natural Regional (PNR) El Vínculo y al INCIVA por los permisos para la realización de este trabajo. Al profesor Wilmar Alexander Torres y al Postgrado en Ciencias-Biología de la Universidad del Valle por el apoyo en los análisis estadísticos y a los compañeros que estuvieron presentes como asistentes de campo. Al proyecto “Los bordes como amortiguadores de la degradación de los fragmentos de bosque seco tropical” auspiciado por ECOPETROL.

REFERENCIAS

- ADARVE, J.A., TORRES, M., HOME, J., VARGAS, J.A., RIVERA, K., DUQUE, O.L., CÁRDENAS, M., LONDOÑO, V. & GONZÁLEZ, A.M., 2010.- Estructura y riqueza florística del PNR El Vínculo, Buga, Colombia. *Cespedesia*, 32: 21-36.
- ARENAS, A. & ROCES, E., 2017.- Avoidance of plants unsuitable for the symbiotic fungus in leaf-cutting ants: Learning can take place entirely at the colony dump. *PLoS ONE*, 12 (3): 1-16.
- ARCILA-CARDONA, A., VALDERRAMA-ARDILA, C. & CHACÓN-ULLOA, P., 2012.- Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 13: 86-101.
- ARMBRECHT, I. & CHACÓN-ULLOA, P., 1997.- Composición y diversidad de hormigas en bosques secos relictuales y sus alrededores, en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 23 (1-2): 45-50.
- BARRERA, C., BUFFA, L.M. & VALLADARES, G., 2015.- Do leaf-cutting ants benefit from forest fragmentation? Insights from community and species-specific responses in a fragmented dry forest. *Insect Conservation and Diversity in The Royal Entomological Society*, *Insect Conservation and Diversity*, 8 (5): 456-463.
- CALDEIRA, M.A., ZANETTI, R., MORAES, J. & ZANUNCIO, J.C., 2005.- Distribuição espacial de saúveiros (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais. *Cerne, Lavras*, 11(1): 34-39.
- CARVALHO, K., BALCH, J. & MOUTINHO, P., 2012.- Influências de *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) na recuperação da vegetação pós-fogo em floresta de transição amazônica. *Acta Amazonica*, 42 (1): 81-88.
- CHAVES, M.C., 2006.- Evaluación preliminar del compostaje “Arrierón” para el control de la hormiga *Atta cephalotes* (L.) en Jamundí (Valle del Cauca, Colombia). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 7 (1): 10-21.
- CHERRETT, J.M., 1989.- Leaf-cutting ants. Pp. 473-486 in Lieth, H. & Werger M. J. A. (eds). *Ecosystems of the world*. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York.
- CHERRETT, J.M., 1972.- Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera:

- Formicidae) in Tropical Rain Forest. *Journal of Animal Ecology*, 41 (3): 647-660.
- COLEY, P.D., 1983.- Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland Tropical Forest. *Ecological Monographs*, 53 (2): 209-234.
- CORNELISSEN, J., LAVOREL, S., GARNIER, E., DÍAZ, S., BUCHMANN, N., GURVICH, D., REICH, P., TERSTEEGE, H., MORGAN, H., VAN DER HEIJDEN, M., PAUSAS, J.G. & H. POORTER., 2003.- A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51: 335-380.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA DEL CAUCA CRC., 2009.- Diagnóstico biofísico Patía. <http://www.crc.gov.co/files/ConocimientoAmbienta/POT/patia/DIAGNOSTICO%20BIOFISICO%20PATIA.pdf>
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, CVC. *Plan de acción trienal 2007-2009*. Santiago de Cali, Colombia.
- CORREA, B.D. & CORREA, B.F., 2011.- Plantas insecticidas: Perspectivas de uso no controle de formigas - cortadeiras. 360-372. Em: DELLA LUCIA, T.M.C. 2011. *Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo*. Viçosa-MG: UFV, 421.
- ESCOBAR, R., NEITA, M. J.C. & MENA, G.G., 2001.- Caracterización de colonias de hormiga arriera (Hymenoptera: Formicidae: Attini) en cuatro municipios del departamento del Chocó. *Revista Universidad Tecnológica del Chocó*, 14: 13-19.
- FARJI-BRENER, A.G., 2001.- Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos*, 92: 169-177.
- FERNÁNDEZ, F., CASTRO-HUERTAS, V. & SERNA, F., 2015.- Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: *Acromyrmex y Atta*. Fauna de Colombia, Monografía No.5, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C; Colombia.
- FORTI, L.C., SILVEIRA NETO, S. & PEREIRA-DA-SILVA, V., 1984.- Atividade forrageira de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae): fluxo e velocidade dos indivíduos na trilha, caracterização dos indivíduos forrageiros e duração e número de jornadas de coleta de vegetais. *Revista Entomológica do Brasil*, 28 (3): 275-284.
- GAMBOA, J.H., 2015.- *Lluvia de semillas en un fragmento de bosque seco tropical del Patía (Cauca)*: Tesis, Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Exactas Naturales y de la Educación, Popayán.
- GENTRY, A.H., 1995.- Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forest. Pages 103-126. En: CHURCHILL, S.P., H. BALSLEV, E. FORERO & J.L. LUTEYN (eds.), *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. The New York Botanical Garden, Nueva York.
- HOLDRIDGE, L., 1978.- *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrarias, San José, Costa Rica. 206.
- HÖLDOBLER, B. & WILSON, E.O., 1990.- *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, EE.UU.
- HÖLDOBLER, B. & WILSON, E.O., 2011.- *The leafcutter ants: Civilization by instinct*. W. W. Norton & Co. Ltd.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT (IAvH), 1997.- Bosque seco tropical. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad., 1: 56-71.
- JANZEN, D.H., 1988.- *Management of habitat fragments in a tropical dry forest: Growth*. Annals of the Missouri Botanical Garden., 75: 105-116.
- LUGO, A., FARNWORTH, E., POOL, D., JEREZ, P. & KAUFMAN, G., 1973.- The impact of the leaf – cutter ant *Atta colombica* on the energy flow of a Tropical West Forest. *Ecology*, 54 (6): 1292-1300.
- MAASS, J., BALVANERA, P., CASTILLO, A., DAILY, G., MOONEY, H., EHRLICH, P., QUESADA, M., MIRANDA, A., JARAMILLO, V., GARCÍA-OLIVA, F., MARTÍNEZ-YRIZAR, A., COTLER, H., LÓPEZ-BLANCO, J., PÉREZ-JIMÉNEZ, A., BÚRQUEZ, A., TINOCO, C., CEBALLOS, G., BARRAZA, L., AYALA, R. & SARUKHÁN, J., 2005.- Ecosystem services of tropical dry forests: Insights from long-term ecological and social research on the pacific coast of Mexico. *Ecology and Society*, 10 (1): 1-17.
- MACKAY, W. & MACKAY, E., 1986.- Las hormigas de Colombia: arrieras del género *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 12 (1): 23-30.
- MEYER, S; LEAL, I. R & WIRTH, R., 2009.- Persisting hyper-abundance of leaf-cutting ants (*Atta* spp.) at the edge of an old Atlantic Forest fragment. *Biotropica*, 41 (6): 711-716.
- MONTOYA-LERMA, J.; CHACÓN, P. & MANZANO, M., 2006.- Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 32 (2): 151-158.
- MONTOYA-LERMA, J., GIRALDO-ECHEVERRI, C., ARMBRECHT, I., FARJI-BRENER, A. & CALLEB, Z., 2012.- Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management*, 58 (3): 225-247.
- PARRA, G. & ADARVE, J., 2001.- Aspectos ecológicos de las comunidades vegetales del Parque Natural Regional El Vínculo. *Cespedesia*, 24 (75-78): 39-68.
- PIZANO, C. & GARCÍA, H., 2014.- *El bosque seco tropical en Colombia*. Ediprint Ltda. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C; Colombia.
- QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM., 2016.- QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>
- RAMOS, V.M., FORTI, L. M., ANDRADE, A.P., NORONHA, N. & CAMARGO, R., 2008.-Density and spatial distribution of *Atta sexdens rubropilosa* and *Atta laevigata* colonies (Hym., Formicidae) in *Eucalyptus* spp. forests. *Sociobiology*, 5 (3): 1-7.
- ROCKWOOD, L.L., 1973.- Distribution, density, and dispersion of two species of *Atta* (Hymenoptera: Formicidae) in Guanacaste province, Costa Rica. *Journal of Animal Ecology*, 42: 803-817.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM., 2005. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.Rproject.org>
- SÁNCHEZ, J.A. & URCUQUÍ, A.M., 2006.- Distancias de forrajeo de *Atta cephalotes* (L) (Hymenoptera: Formicidae) en el bosque seco tropical del jardín botánico de Cali. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad de del Valle*. 7 (1): 1-9.
- SCHNEIDER, C.A., RASBAND, W.S. & ELICEIRI, Y.K.W., 2012.- NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9: 671-675
- SCHULTZ, T.R. & BRADY, S.G., 2008.- Major evolutionary transitions in ant agriculture. *Proceedings of the National Academy of*

- Sciences of the United States of America*, 105 (14): 5435-5440.
- SILVA, P.S.D., BIEBER, A.G.D., LEAL, I.R., WIRTH, R. & TABARELLI, M., 2009.-Decreasing abundance of leaf-cutting ants across a chronosequence of advancing Atlantic Forest regeneration. *Journal of Tropical Ecology*, 25: 223-227.
- SILVA-PINHATI, A.C.O., BACCI, M. Jr., SIQUEIRA, C.G., SILVA, A., PAGNOCCA, F.C., BUENO, O.C. & HEBLING, M.J.A., 2005.- Isolation and maintenance of symbiotic fungi of ants in the tribe Attini (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 34 (1): 001-005.
- SOSA-CALVO, J., SCHULTZ, T.R., BRAND, C.R.F., KLINGENBERG, C., FEITOSA, R.M., RABELING, C., BACCI, M.Jr., LOPES, C.T. & VASCONCELOS, H.L., 2013.- *Cyatta abscondita*: Taxonomy, evolution, and natural history of a new fungus-farming ant genus from Brazil. *PLoS ONE*, 8 11: e80498.
- TABARELLI, M., AGUIAR, A.V., RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P. & PERES, C.A., 2010.- Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation*, 43: 2328-2340.
- URBAS, P., ARAÚJO, M.V JR., LEAL I.R. & WIRTH, R., 2007.- Cutting more from cut forests – edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants. *Biotropica*, 39: 489-495.
- VARGAS, W., 2012.- Los bosques secos del Valle del Cauca, Colombia: una aproximación a su flora actual. *Biota Colombiana*, 13 (2): 102-163.
- VASCONCELOS, H., 1990.- Habitat selection by the queens of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* L. in Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 6 (2): 249-252
- VASCONCELOS, H.L. & CHERRET, J.M., 1995.- Changes in leaf-cutting ant populations (Formicidae: Attini) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. *Neotropical Fauna and Environment*. 30: 107-113.
- VASCONCELOS, H.L., VIEIRA-NETO, E.H.M. & MUNDIM, F.M., 2006.- Roads alter the colonization dynamics of a keystone herbivore in Neotropical savannas. *Biotropica*, 38 (5): 661-665.
- VERGARA, H., 2015.- Patrones de la vegetación y tipos de uso de la tierra en el valle del Patía. *Colombia Forestal*, 18 (1): 25-45.
- WEBER, N.A., 1972.- Gardening ants, the Attines. *Memoirs of the American Philosophical Society*, 92: 1-146.
- WETTERER, J.K., 1990.- Load-size determination in the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. *Behavioral Ecology*, 1: 95-101.
- WETTERER, J.K., 1991.- Allometry and the geometry of leaf-cutting in *Atta cephalotes*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 29 (5): 347-351.
- WIRTH, R., HERZ, H., RYEL, R., BEYSCHLAG, W. & HÖLDOBLER, B., 2003.- Herbivory of leaf-cutting ants. A case study on *Atta colombica* in the tropical rainforest of Panamá. *Ecological Studies*, vol. 164. Springer. Berlin.
- WIRTH, R., MEYER, S.T., ALMEIDA, W.R., ARAUJO, M.V., BARBOSA, V.S. & LEAL, I.R. 2007.- Increasing densities of leaf-cutting ants (*Atta* spp.) with proximity to the edge in a Brazilian Atlantic forest. *Journal of Tropical Ecology*, 23: 501-505.
- WIRTH, R., MEYER, S. T., LEAL, I. R. & TABARELLI, M., 2008.- Plant – herbivore interactions at the forest edge. *Progress in Botany*, 68: 423-448.

Anexo 1. Listado de plantas consumidas por la hormiga arriera *Atta cephalotes* en los fragmentos de bosque seco Parque Natural Regional El Vínculo, Valle del Cauca y bosque La Pachuca, Patía-Cauca. Crecimiento y origen tomado de Pizano & García (2014), estado sucesional Vargas (2012).

Familia	Nombre científico	El Vínculo	El Patía	Crecimiento	Origen	Estado sucesional
Fabaceae	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merrill, 1916	x	x	Árbol	Nativa	Sucesional tardío
Fabaceae	<i>Cassia fistula</i> L., 1753	x		Árbol	Exótica	
Fabaceae	<i>Cassia grandis</i> L. f., 1781		x	Árbol	Nativa	Pionera Intermedia
Fabaceae	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand., 1966		x	Árbol	Nativa	Sucesional tardío
Fabaceae	<i>Pithecellobium lanceolatum</i> (H.& B.ex Willd.) Benth., 1846		x	Árbol	Nativa	Pionera Intermedia
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth., 1844		x	Árbol	Exótica	Pionera Intermedia
Fabaceae	<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC., 1825	x		Árbol		
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L., 1753		x	Árbol	Exótica	
Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby., 1982	x	x	Arbusto, hierba	Nativa	Pionera intermedia
Fabaceae	<i>Senna</i> sp. Mill., 1754		x	Arbusto, hierba	Nativa	
Fabaceae	<i>Machaerium capote</i> Triana ex Dugand., 1943	x		Árbol	Nativa	Pionera intermedia
Fabaceae	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby., 1982	x		Árbol, arbusto	Nativa	Pionera intermedia
Fabaceae	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf., 1836	x		Árbol	Exótica	
Verbenaceae	<i>Citharexylum kunthianum</i> Mold., 1941		x	Árbol, arbusto	Nativa	Pionera intermedia
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i> Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels., 1912	x		Árbol	Nativa	Pionera intermedia
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L., 1753	x	x	Árbol	Exótica	
Agavaceae	<i>Agave</i> sp. L., 1753	x		Hierba	Exótica	
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L., 1759	x		Árbol	Nativa	Pionera intermedia
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp. Browne., 1756		x	Arbusto		
Myrtaceae	<i>Eugenia procera</i> (Sw.) Poir., 1813	x		Árbol	Nativa	Pionera intermedia
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp. L., 1753	x	x	Árbol, arbusto	Nativa	
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L., 1753	x	x	Árbol	Nativa	
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck., 1765	x	x	Arbusto	Exótica	
Rutaceae	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez., 2012		x	Arbusto	Exótica	
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco., 1837	x		Arbusto	Exótica	
Rutaceae	<i>Zantoxylum fagara</i> (L.) Sargent., 1890	x	x	Arbusto	Nativa	Pionera intermedia

Familia	Nombre científico	El Vínculo	El Patía	Crecimiento	Origen	Estado sucesional
Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam., 1786		x	Árbol	Nativa	Pionera intermedia
Rutaceae	<i>Zanthoxylum schreberi</i> (J.F.Gmellin) Reynel., 2015		x	Árbol	Nativa	Pionera intermedia
Sapindaceae	<i>Cupania latifolia</i> Kunth., 1821		x	Árbol	Nativa	
Sapindaceae	<i>Serjania</i> sp. Miller., 1754	x	x	Liana	Nativa	
Malvaceae	<i>Sida glomerata</i> Cav., 1785	x	x	Hierba	Nativa	Sitios abiertos
Malvaceae	<i>Sida jamaicensis</i> L., 1759	x	x	Hierba	Nativa	
Malvaceae	<i>Sida glabra</i> Miller., 1768	x	x	Hierba		Sitios abiertos
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam., 1789	x	x	Árbol	Nativa	
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L., 1753		x	Arbusto	Nativa	Pionera intermedia
Euphorbiaceae	<i>Aleurites fordii</i> Hemsl., 1906	x		Árbol	Exótica	
Moraceae	<i>Sorocea sprucei</i> (Baill.) J.F. Macbr., 1931	x		Árbol	Nativa	Sucesional tardío
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw., 1788	x		Árbol	Nativa	Pionera intermedia
Plantaginaceae	<i>Stemodia durantifolia</i> (L.) Sw., 1791	x		Hierba	Nativa	Pionera intermedia
Malpighiaceae	<i>Bunchosia</i> sp. Kunth., 1821		x	Árbol		
Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i> L., 1753	x	x	Arbusto	Nativa	
Portulacaceae	<i>Portulaca pilosa</i> L., 1753		x	Hierba	Nativa	
Commelinaceae	<i>Callisia gracilis</i> (Kunth) D.R. Hunt., 1983		x	Hierba	Nativa	Pionera intermedia
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f., 1768		x	Hierba	Nativa	
Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler., 1869		x	Hierba	Nativa	
Asteraceae	<i>Lycoseris colombiana</i> K. Egerod., 1991		x	Hierba	Nativa	