

NIDOS DE *Atta cephalotes* (HYMENOPTERA: MYRMICINAE) EN SISTEMAS CAFETEROS CONTRASTANTES, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, COLOMBIA

Daniela Villanueva¹, Rocío García² & James Montoya Lerma³

Resumen

El presente estudio se propuso localizar, cuantificar y caracterizar los nidos de hormigas arrieras en dos sistemas cafeteros de manejo contraste en los municipios de Popayán y Cajibío en el Cauca. Para este fin, se seleccionaron ocho cafetales con sombra, ocho cafetales a libre exposición y cuatro fragmentos de bosque. En cada sitio se realizaron recorridos y se ubicaron los nidos activos, en cada uno, se recolectaron e identificaron los individuos de diferentes castas y se midieron los soldados. Se calculó el área de los nidos, el número y tamaño de las pistas de forrajeo y se registraron las plantas defoliadas. Se relacionó el número y área de los nidos con variables ambientales y se correlacionó el tamaño de los soldados con el área de los nidos. Se recolectaron 276 individuos pertenecientes a *cephalotes*. Se registraron cuatro nidos en fragmentos de bosque, ocho en cafetales con sombra y nueve en cafetales a libre exposición. El área de los nidos varió entre 0,90 y 758,34 m², con pistas de 1 a 32 m de longitud. El área de los nidos en los cafetales a libre exposición presentó diferencias significativas con respecto a los ubicados en cafetales con sombra y fragmentos de bosque, siendo estos últimos los de mayor tamaño. Se encontró una correlación positiva entre el tamaño de los nidos y riqueza arbórea, cobertura de dosel y espesor de hojarasca, mientras que fue inversa con la temperatura ambiente. El ancho de la cabeza se correlacionó de forma positiva con el área de los nidos. Se registraron 32 especies de plantas con signos de defoliación por *A. cephalotes*, lo que confirma el hábito generalista de esta especie. Se resalta la importancia de mantener especies asociadas al cultivo de café como recursos alternativos y de protección al forrajeo de la hormiga.

Palabras clave: colonias, cortadoras de hojas, hormiga arriera.

* FR: 21-VI-16. FA: 31-VII-16

¹ Bióloga, Universidad del Quindío.

² Docente programa de Biología, Universidad del Quindío. Armenia, Colombia. E-mail: rociogarcia@uniquindio.edu.co

³ Docente departamento de Biología. Universidad del Valle. E-mail: james.montoya@correounivalle.edu.co

CÓMO CITAR:

VILLANUEVA, D., GARCÍA, R. & MONTOYA LERMA, J., 2016.- Nidos de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en sistemas cafeteros contrastantes, departamento del Cauca, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 20 (2): 138-150. DOI: 10.17151/bccm.2016.20.2.10



NESTS OF *Atta cephalotes* (HYMENOPTERA: MYRMICINAE) IN CONTRASTING COFFEE MANAGEMENT SYSTEMS IN THE DEPARTAMENT OF CAUCA, COLOMBIA

Abstract

The aim of the present study was to localize, quantify and characterize the nests of the leaf cutting ants under two contrasting management systems in coffee areas of the municipalities of Popayan and Cajibío, Department of Cauca. Eight shaded coffee plantations, 8 free standing coffee plantations and 4 forest fragments were selected. At each site rounds were made and active search for nests was carried out; in each site individuals from different castes were collected and identified and soldiers were measured. The nests areas were calculated as well as the number and size of the foraging tracks, and the defoliated plants were recorded. The number and area of the nests were related to environmental variables and the size of soldiers in the nest area was correlated. A total of 276 individuals from *Atta cephalotes* was collected. Four nests were recorded in forest fragments, eight in shaded coffee plantations and nine in free standing coffee plantations. Nest areas varied between 0.90 and 758.34 m², with trails from 1 to 32 m length. The area of the nests located in free standing coffee plantations showed significant differences in relation to nests located in shaded coffee plantations and in forest fragments, the latter being the largest ones. A positive correlation between size of the nests and tree richness, canopy cover and thickness of fallen leaves was found, while it was inversely correlated with room temperature. The width of the head was positively correlated with the area of the nests. A total of 32 plant species with signs of defoliation by *A. cephalotes* was recorded confirming the general habit of these species. The importance of maintaining species associated to the coffee crop as alternative resources and for the protection of the ant foraging is highlighted.

Key words: colonies, leafcutter, mule-train ant.

INTRODUCCIÓN

Las especies de hormigas de los géneros *Atta* y *Acromyrmex*, comúnmente, conocidas como podadoras, arrieras, forrajeras o corta hojas, se diferencian de los otros géneros de Attini por su capacidad de utilizar el material vegetal cortado en el cultivo del hongo *Leucoagaricus gongylophorus* (ESCOBAR *et al.*, 2002). Las cortadoras de hojas se encuentran entre las plagas más destructivas de Suramérica; afectan cultivos de importancia económica y su efecto defoliador puede ser devastador, si no es controlado a tiempo (DELLA LUCIA, 2011; SANTOS - OLIVEIRA, 2006; MONTOYA-

LERMA *et al.*, 2012). Se considera que, bajo ciertas circunstancias, estas hormigas pueden ser generalistas, pero por lo común, su dieta difiere entre especies. Algunas prefieren plantas monocotiledóneas, como es el caso de *Ac. landolti*, mientras que otras como *A. cephalotes*, *A. sexdens* y *A. colombica* presentan una dieta mucho más amplia (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; VÉLEZ, 1997; ORTIZ & GUZMÁN, 2007).

En Antioquia, en aproximadamente un 70% de los 69 municipios muestreados, la hormiga arriera fue registrada en cultivos principalmente de café (variedades colombia y caturro), yuca, ñame, frijol, caña de azúcar, cítricos, mango, pastos y plantas ornamentales (ORTIZ & GUZMÁN, 2007). A pesar que se desconoce su verdadero impacto o daño económico, son catalogadas como plagas en estos cultivos (MONTOYA-LERMA, *com. per.*) y, por lo general, los agricultores recurren a diferentes estrategias de control, como el uso de insecticidas altamente tóxicos y costosos para eliminar el problema. Ante esta perspectiva, en el caso del café, surge el interrogante: ¿cuál es el impacto de la hormiga arriera en sistemas cafeteros? Como paso inicial en la búsqueda de una respuesta, es necesario ampliar el conocimiento sobre algunos aspectos biológicos de este insecto tales como verificar su presencia, identificar las especies en la zona así como sus preferencias de nidificación y herbivoría. Todo esto en un escenario de caficultura con manejo contrastante, como son los cafetales a libre exposición y los cafetales con sombrío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en los corregimientos La Rejoja, municipio de Popayán y La Venta, municipio de Cajibío, departamento del Cauca (Figura 1), ubicados en la franja altitudinal entre los 1450 y 1750 msnm, zona caracterizada por una caficultura a pequeña escala, donde se seleccionaron ocho sitios (fincas) con cultivos de café a libre exposición y otros ocho sitios con cafetales con sombra. Además, se incluyeron en los muestreos cuatro fragmentos de bosque definido, según Holdridge (ESPINAL, 1968), como un bosque húmedo premontano (bh-PM).

Fase de campo

Entre julio y diciembre de 2014 se realizaron tres recorridos en cada uno de los sitios seleccionados, registrando (presencia o ausencia) de nidos de hormiga arriera. Fueron considerados todos aquellos sitios con nidos activos (*i.e.* con hormigas con carga forrajera entrando al nido o con presencia de soldados). Cada nido fue georreferenciado y marcado con una estaca y número de referencia (Figura 2). En cada colonia se tomaron muestras de individuos de diferentes castas y se preservaron en viales con alcohol al 90% para su posterior determinación taxonómica en laboratorio.

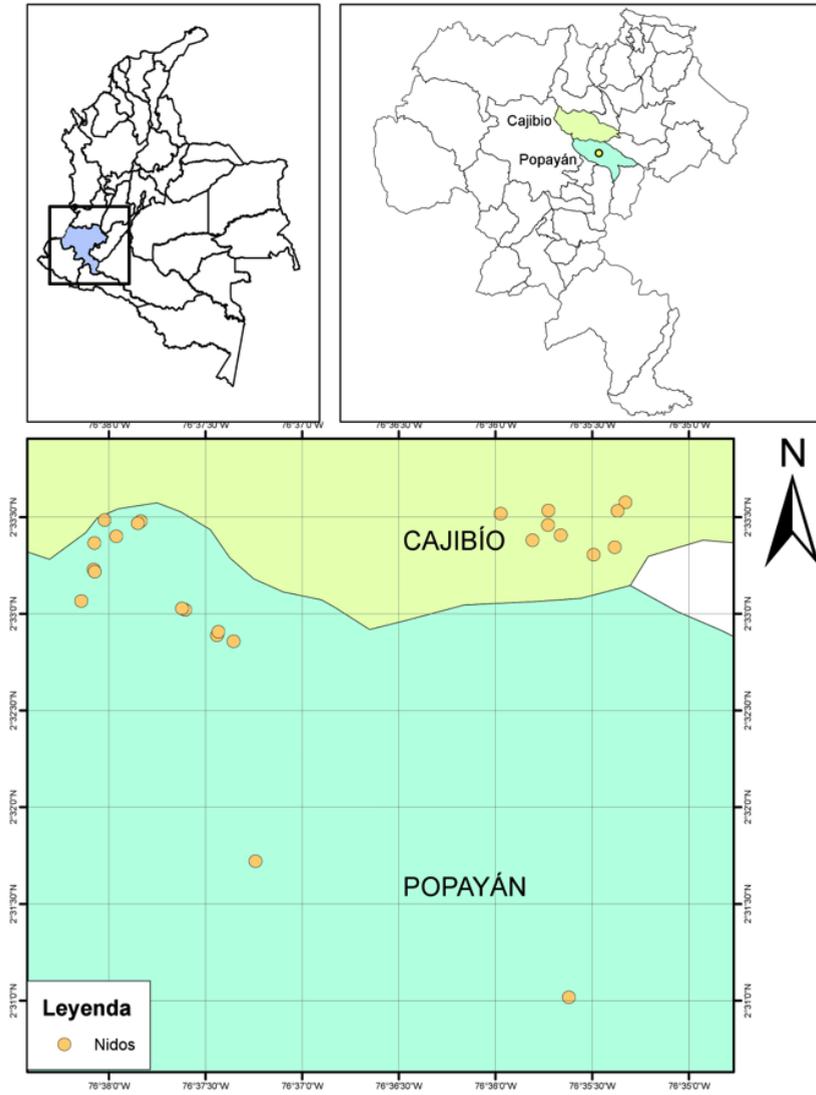


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio en el departamento del Cauca, Colombia. Los puntos representan los nidos de *Atta cephalotes* en los municipios de Popayán y Cajibío.

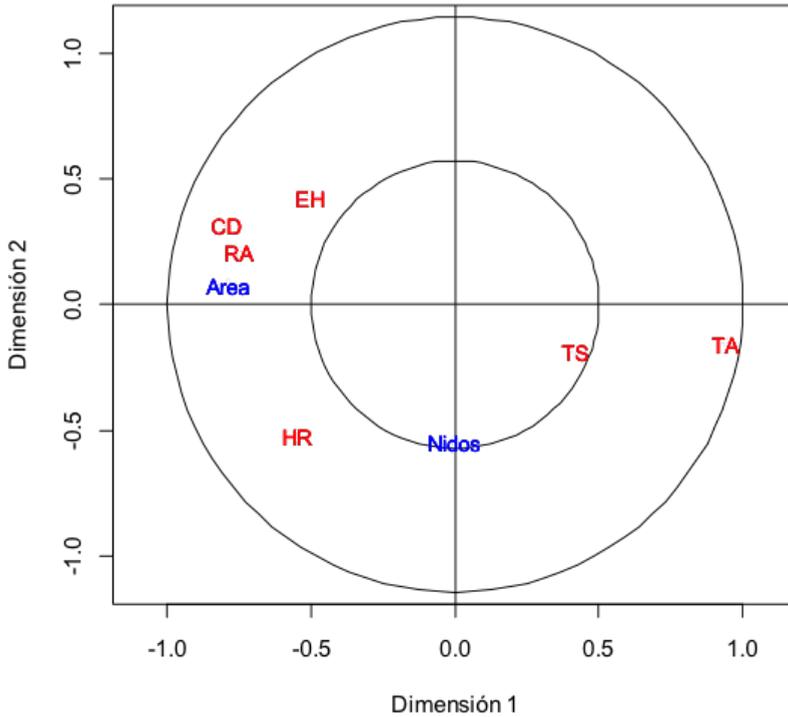


Figura 2. Análisis de correlación canónica entre variables ambientales y el tamaño y el número de nidos. Las letras en rojo simbolizan: RA: riqueza arbórea, CD: cobertura de dosel, EH: espesor de hojarasca, HR: humedad relativa, TS: temperatura del suelo y TA: temperatura ambiente; en azul el área de los nidos y el número de nidos.

Se calculó el área superficial de los nidos al tomar los montículos más externos como puntos de referencia para medir el ancho y el largo. Se midió el número de pistas o caminos de forrajeo del nido, teniendo en cuenta el ancho (cm) y largo (m) de las pistas, éstas se tomaron desde su origen en el nido hasta la base de las plantas de forrajeo. Las especies vegetales defoliadas por arriera fueron determinadas en el Herbario de la Universidad del Valle (CUVC) con base a las muestras recolectadas en campo. Cada planta con signos de defoliación se contó como un individuo y se registró la especie para análisis posteriores. Además, se analizaron variables de hábitat (cobertura de dosel, riqueza arbórea, espesor de hojarasca, humedad relativa, temperatura ambiente y del suelo), con el fin de determinar si existe una relación entre estas variables y el número y área de los nidos.

Fase de laboratorio

Los individuos recolectados (en promedio 10 soldados por nido), se determinaron en el laboratorio de ecología de hormigas de la Universidad del Valle, con ayuda

de un estereoscopio y las claves taxonómicas de MACKAY & MACKAY (1986) y FERNÁNDEZ *et al.* (2015). Luego de determinados, se depositaron en la colección del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (MUSENUV). En las medidas de los soldados: longitud total de la cabeza, ancho de la cabeza por encima de los ojos, distancia entre los ojos, largo de la antena, largo y ancho del tórax y longitud total, se usó un microscopio-estereoscopio Nikon SMZ 1B y el programa ImageJ (RASBAND, 1997).

Análisis de datos

Se realizaron análisis de correspondencia y de correlaciones canónicas para caracterizar los tipos de hábitat y relacionar la influencia de las variables de hábitat sobre la densidad y el tamaño de los nidos utilizando el programa R (R Core Team, 2015). Se correlacionó el tamaño de los soldados con el tamaño de los nidos aplicando el coeficiente de correlación de Spearman con el software SigmaPlot (Systat Software, San José, CA). Para analizar las variaciones en los tamaños superficiales de los nidos entre sitios se realizó un ANOVA de un solo factor, donde no se cumplió el supuesto de normalidad a partir de la prueba de Shapiro-Wilk, lo que conllevó a realizar una transformación de la variable con logaritmo natural, cumpliendo así con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza y validando el modelo; posterior a ello se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey en el software R (R Core Team, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de las hormigas recolectadas

Todos los 276 individuos de diferentes castas recolectados directamente en los nidos o en pistas cercanas al orificio principal de entrada a la colonia, correspondieron a *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758). Aunque no se puede descartar la presencia de otra especie de hormiga cortadora de hojas, nuestros resultados sugieren que ésta es dominante en la región. De hecho, *A. cephalotes* es la hormiga arriera con más amplia distribución en bosques y regiones agrarias del país y habita desde el nivel del mar hasta los 2000 metros de altura (ORTIZ & GUZMÁN, 2007; MONTOYA-LERMA *et al.*, 2012; FERNÁNDEZ *et al.*, 2015). Los nidos en este estudio estaban ubicados entre los 1598 y 1776 msnm, altura concordante con el rango de distribución de la especie.

Caracterización de nidos

El número de colonias por sitio fue bajo, entre 1 y 2 nidos, tal como se describe en otros estudios para *Atta* (WEBER, 1972; FOWLER *et al.*, 1986). En total se encontraron 21 nidos: 4 en los fragmentos de bosque, 8 en cafetales con sombra y 9 en cafetales a

libre exposición. En Costa Rica, VARÓN (2007) reporta una densidad de nidos de *A. cephalotes*, mayor en cafetales a libre exposición en comparación con los de sombra. Es de anotar que, en nuestro caso, la baja densidad de nidos en la zona de estudio no permite hacer este tipo de comparación, dado que los sitios de estudio presentan áreas reducidas y que además tienen una caficultura a pequeña escala con fragmentos de bosque muy incipientes y altamente intervenidos. Sumado a esto, debe tenerse en cuenta que en las zonas de cultivo, la densidad de nidos de arriera depende también del manejo y control que el agricultor decide implementar.

Los nidos presentaron áreas superficiales entre 0,90 y 758,34 m², tamaños considerados relativamente grandes a pesar de su ubicación en áreas de cultivo donde se emplean productos químicos para el control de plagas. Las pistas de forrajeo presentaron una longitud promedio entre 1 y 32 m y un ancho promedio entre 2,9 y 16,2 cm; en ocho nidos no se observaron pistas asociadas (Tabla 1). El área superficial de los nidos varió entre al menos dos de los tres tipos de manejo analizados ($F= 7,311$; $p= 0,0067$), la prueba Tukey sugiere diferencias entre las áreas de los nidos en cafetales a libre exposición con respecto a los de los bosques ($t= -3,577$; $p > 0,0085$) y a los de cafetales con sombra ($t= 2,671$; $p > 0,045$), pero se evidencia que entre los tamaños de los nidos de los cafetales con sombra y los fragmentos de bosque, no hay diferencias significativas ($t= -1,488$; $p > 0,33$).

Tabla 1. Datos de caracterización de los nidos de la hormiga arriera, *A. cephalotes* en cafetales del Cauca.

Manejo	Área nido (m ²)	Pistas activas	Longitud pista (m)	Ancho pista (cm)
CCS1	122,87	1	18,53	4
		2	8,56	3
CCS2	89,26	1	5,2	4,6
		2	9,67	3,7
CCS2	57,23	1	4	5,8
CCS3	297,79	1	24,35	4,4
CCS4	37,58	1	22,6	3,2
CCS5	28,12	1	6,45	5,55
CCS6	11,825	0	0	0
CCS7	318,75	3	23,6	16,2
CLE1	6,1	1	10,3	4,7
CLE1	16,16	0	0	0
CLE2	1	0	0	0
CLE2	0,98	0	0	0
CLE3	9	0	0	0

Manejo	Área nido (m ²)	Pistas activas	Longitud pista (m)	Ancho pista (cm)
CLE4	91,53	1	1,0	2,9
CLE5	3,04	0	0	0
CLE5	96,425	2	12,9	6,1
CLE5	2,75	0	0	0
BOS1	164,39	0	0	0
BOS2	463,37	1	6,82	4
BOS2	403,92	1	5,27	14
BOS3	758,34	1	32,36	13,5

CCS: Cafetal con sombra, SOL: cafetal a libre exposición y BOS: Bosque.

En general, se observa un área más grande en nidos ubicados en sitios con mayor cobertura de dosel o sombra. En los cafetales a libre exposición, la temperatura y radiación solar son mayores y, en consecuencia, se reduce la humedad lo que puede afectar el tamaño del nido, dado que las obreras deben dedicar más tiempo a controlar las condiciones microambientales del nido para el crecimiento del hongo simbiote y protección de las crías (BOLLAZI & ROCES, 2002). Tampoco se puede desconocer que en los cafetales a libre exposición, la caficultura alcanza su máxima tecnificación con empleo de productos químicos y deshierbe de las arvenses, entre ellos se reporta el uso del organofosforado Lorsban® (clorpirifós) para el control de hormiga arriera que aunque reduce fuertemente el tamaño de los nidos o su desplazamiento, no inhibe la defoliación sobre el cafeto (observación personal). MOREIRA *et al.* (2004), señalan que el parámetro área del montículo no siempre representa el tamaño interno real del nido en *A. laevigata* y *A. bisphaerica* y, en especial, esto puede suceder cuando son manipulados por los agricultores.

Los resultados del análisis de correlación canónica (Figura 2), permite sugerir que el área superficial del nido se relaciona de manera directa con la riqueza arbórea y la cobertura de dosel, seguido por el espesor de hojarasca. Es decir, que a medida que la riqueza arbórea, cobertura de dosel y espesor de hojarasca sean mayores, el área superficial del nido también será más grande, característica encontrada en los cafetales con sombra y los bosques. Por otro lado, se presenta una relación inversa entre el área del nido y la temperatura ambiente, por lo tanto a medida que se tenga una mayor temperatura el área superficial del nido será menor, tal como se reporta en los cafetales a libre exposición. Esto concuerda con lo planteado por FORTI *et al.* (2011), quienes afirman que *A. cephalotes*, generalmente, construye sus nidos en lugares húmedos y sombreados, siendo estos parámetros (humedad y temperatura), importantes de controlar para el crecimiento del hongo. De igual forma en hábitats expuestos o con mayor incidencia de sol y mayores temperaturas, la colonia debe

regular la temperatura en el interior del nido y una forma de hacerlo es modificando su arquitectura, al construir cámaras más profundas (BOLLAZI & ROCES, 2007).

La representación gráfica de la relación entre variables ambientales y sitios, permite visualizar qué tan similares son los sitios, así los sitios con características similares se ubicarán más cercanos entre sí; en este caso, los cafetales con sombra se agrupan al lado superior derecho de la gráfica, los cafetales a libre exposición en la parte inferior derecha y los bosques en el lado izquierdo (Figura 3).

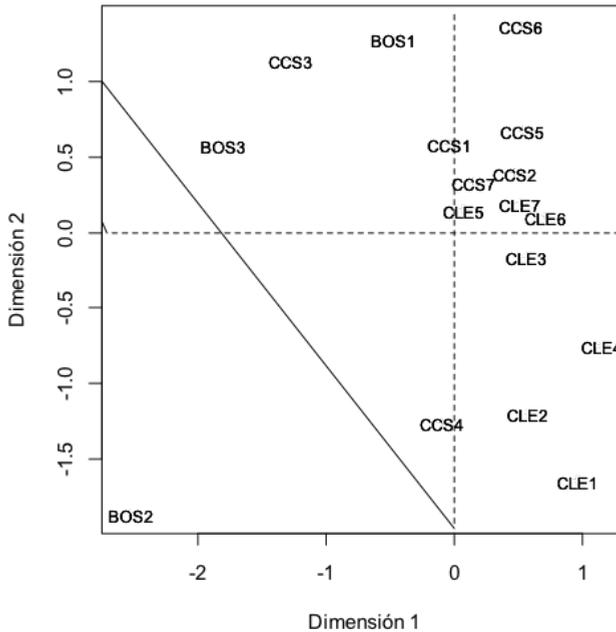


Figura 3. Agrupación de los sitios de acuerdo con la relación con las variables ambientales analizadas. (CCS: cafetal con sombra, CLE: cafetal a libre exposición y BOS: bosque).

En los soldados recolectados la longitud total varió entre 8,03 y 15,59 mm, las medidas restantes se promediaron para su posterior análisis (Tabla 2). Se encontró una correlación positiva entre el ancho de la cabeza por encima de los ojos y el área superficial de los nidos ($r = 0,830$; $p = 0,050$), es decir, que nidos grandes presentan soldados con cabezas grandes (Figura 4). La presencia de soldados es una característica apropiada para definir a los nidos maduros (HÖLDOBLER & WILSON, 2011) y la relación entre el ancho de la cabeza de los soldados y el área de los nidos podría ser usada para confirmar la madurez de estos. No obstante, se resalta que en nidos tratados con productos químicos, se reduce temporalmente el tamaño de la población, y es posible que no se encuentren soldados en sus colonias, lo que podría hacer confusa la edad real del nido.

Tabla 2. Medidas promedio de los soldados de *A. cephalotes* recolectados en cada nido.

Manejo	Longitud total	Ancho tórax	Largo tórax	Longitud cabeza	Ancho cabeza	Distancia entre ojos	Largo antena
CCS	12,05	1,52	5,59	4,07	5,48	3,88	10,37
CCS	13,81	2,17	6,73	4,25	5,99	4,23	10,56
CCS	9,92	1,39	4,71	3,43	4,18	3,05	9,54
CCS	13,32	2,11	6,55	4,48	5,84	4,06	9,61
BOS	12,69	1,52	6,23	3,88	5,16	3,7	9,01
CLE	8,03	1,08	5,05	3,28	3,62	2,76	8,24
CLE	15,59	1,85	6,97	4,39	5,6	3,75	8,58
BOS	15,38	1,95	7,11	4,63	6,03	4,35	7,63
BOS	14,07	1,67	6,73	4,03	5,67	3,97	8,32
BOS	15,14	2,06	7,89	4,52	6,58	4,64	9,46

CCS: cafetal con sombra, CLE: cafetal a libre exposición y BOS: bosque.

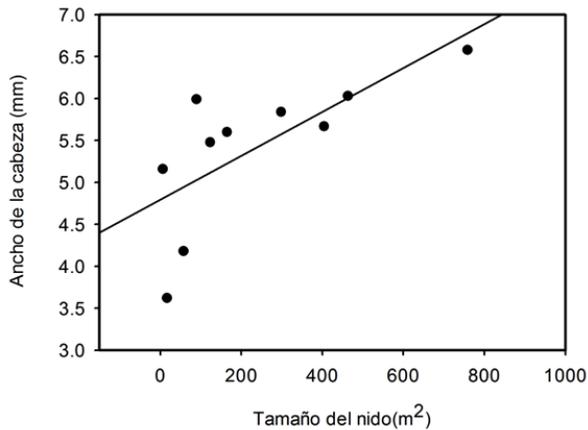


Figura 4. Análisis gráfico de regresión entre el ancho de la cabeza por encima de los ojos y el tamaño superficial de los nidos ($r= 0,830$; $p= 0,050$).

Plantas defoliadas

Se observaron huellas de herbivoría y pistas de forrajeo de *A. cephalotes* en 32 especies vegetales distribuidas en 18 familias, siendo Melastomataceae, con cuatro especies, la

más consumida, seguida por Asteraceae, Lauraceae y Myrtaceae, con tres especies cada una (Tabla 2). En los bosques se registraron 16 especies de plantas defoliadas, seguida por los cafetales con sombra con 12 y, finalmente, los cafetales a libre exposición con 9. En este último manejo, las plantas defoliadas se ubicaron principalmente en los bordes de los cafetales, al ser empleadas como cercas vivas. Un estudio simultáneo sobre caracterización vegetal realizado en cada sitio, reportó 77 especies de plantas en los relictos de bosque, 37 de ellas en cafetales con sombra y 12 en cafetales a libre exposición ubicadas como cercas vivas (com. pers. Óscar Meneses). De acuerdo con lo anterior, el mayor porcentaje (75%) de especies defoliadas por *A. cephalotes* ocurre en los cafetales a libre exposición, mientras que en los cafetales con sombra sólo alcanza el 32,4% de las especies y el 20,8% en los bosques (Figura 5).

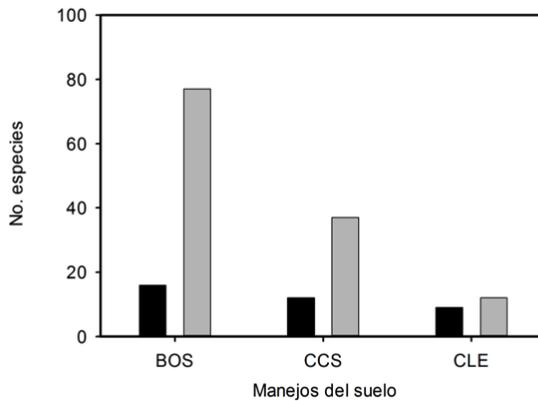


Figura 5. Número de especies vegetales presentes en cada tipo de manejo (barras grises) y especies defoliadas por *A. cephalotes* en la zona de estudio (barras negras). BOS: bosque, CCS: cafetal con sombra y CLE: café a libre exposición.

Entre las plantas más apetecidas por *A. cephalotes*, se encuentran *Miconia cf. Affinis*, defoliada en repetidas ocasiones tanto en bosques como en cafetales con sombra; *Meriania speciosa*, conocida como flor de mayo, empleada como cerca viva y arbusto ornamental en las fincas, aunque presenta varios metabolitos secundarios con actividad antioxidante en sus hojas (OCAMPO *et al.*, 2014), fue una de las especies más consumida por la arriera en los cafetales con sombra. En los bosques las arrieras prefirieron forrajear sobre varios individuos de *Lacistema aggregatum*, un árbol maderable cuyas hojas son glabras (VÁSQUEZ, 1997); también se observaron en individuos de *Hedyosmum cf. bonplandianum*, árbol cuyas hojas aromáticas son empleadas como tranquilizantes, con gran cantidad de terpenos (CABALLERO *et al.*, 2001), y en *Nectandra lineatifolia*, conocida como laurel o aguacatillo, de hojas brillantes y glabras (VARGAS, 2002).

Se resalta que en los cultivos además de las especies vegetales asociadas, se observó herbivoría sobre los arbustos de café (*Coffea arabica*). La mayoría de los reportes de hormiga arriera como plaga del café se ubican en Centroamérica, donde se cultiva entre los 600 a 1000 msnm, altura caracterizada por la abundancia de estas hormigas (VARÓN *et al.*, 2007) y poco se conoce sobre su impacto en cafetales de Suramérica (BARRETO *et al.*, 1998).

Estas observaciones confirman el hábito generalista de estas hormigas en un contexto agrícola, al defoliar especies silvestres y cultivadas. De hecho, varios estudios se han centrado en el impacto económico de las arrieras por el daño que causan en diferentes cultivos (MONTROYA-LERMA *et al.*, 2012) y son consideradas como una de las cinco plagas más importantes en Latinoamérica, causando daños cuantiosos en cultivos forestales (*ej. Pinus spp.*, *Eucalyptus spp.*), agrícolas (*ej. Citrus spp.*, cacao *Theobroma cacao*, yuca *Manihot esculenta*, café *Coffea arabica*, maíz *Zea mays*, algodón *Gossypium hirsutum*) y en los pastizales (*ej. Brachiaria spp.*) (DELLA LUCIA, 2013; ZANETTI, 2007; MEYER, 2008).

Este estudio permite concluir que en la zona cafetera del Cauca, *A. cephalotes* es la especie de hormiga arriera predominante, exhibiendo hábitos generalistas tanto para nidificar como en la selección de sustratos para cultivar su hongo, sin que exista una preferencia detectable y atribuible al tipo de manejo. No obstante, resalta la vegetación asociada a los cultivos, ya que juega un papel importante como recurso para estas hormigas, lo que podría disminuir el impacto sobre las especies productivas, en este caso el café.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la comunidad, encargados y dueños de las fincas visitadas por su receptividad y colaboración. Así como a COLCIENCIAS, Programa Nacional de Ciencias Básicas con Código 110656933821, Contrato RC. No. 0648-2013, entidad que financió este estudio y la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle.

REFERENCIAS

- BARRETO, M.R., ANJOS, N. & REZENDE, V.F., 1998.- Ataque de formigas cortadeiras (*Atta sexdens rubropilosa* Forel) em cafezal (*Coffea arabica* Linnaeus). *Acta Biológica Leopoldensia*, 20: 20-205.
- BOLLAZZI, M. & ROCES, F., 2002.- Thermal preference for fungus culturing and brood location by workers of the thatching grass-cutting ant *Acromyrmex heyeri*. *Insectes Soc.*, 49, 153-157.
- BOLLAZZI, M. & ROCES, F., 2007.- To build or not to build: circulating dry air organizes collective building for climate control in the leaf-cutting ant *Acromyrmex ambiguus*. *Anim. Behav.*, 74, 1349-1355.
- CABALLERO-GEORGE, P., VANDERHEYDEN, M.L., SOLIS, P.N., PIETERS, L., SHAHAT, A.A., GUPTA, M.P., VAUQUELIN, G. & VLIETINCK, A.J., 2001.- Biological screening of selected medicinal Panamanian plants by radioligand-binding techniques. *Phytomedicine*, 8(1): 59-70
- DELLA LUCIA, T.M.C., 2011.- Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo. Viçosa, M.G: Ed. Universidade Federal de Viçosa.
- ESCOBAR DURÁN, R., GARCÍA COSSIO, F., RENTERÍA, N.Y. & NEITA M, J.C., 2002.- Manejo y control de hormiga arriera (*Atta spp.* & *Acromyrmex spp.*) en sistemas de producción de importancia económica en el departamento del Chocó. Cartilla 1 y 2.

- Ministerio de Agricultura- PRONATTA-Universidad Tecnológica del Chocó. CO.
- ESPINAL, L.S., 1968.- *Apuntes sobre ecología colombiana*. Universidad del Valle. Departamento de Biología. Cali.
- FERNÁNDEZ, F.; CASTRO-HUERTAS, V. & SERNA, F., 2015.- Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: *Acromyrmex* & *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). *Fauna de Colombia*, Monografía No.5, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- FORTI, L.C., MOREIRA, A.A., ANDRADE, A.P., CASTELLANI, M.A. & CALDATO, N., 2011.- Nidificação e Arquitetura de Ninhos de Formigas-Cortadeiras. Capítulo 6: 102-125 (en) *Formigas-Cortadeiras da bioecologia ao manejo*, Della Lucia T. M. C. (ed.). Viçosa, MG: Ed. UFV.
- FOWLER, H.G., FORTI, L.C., PEREIRA-DA-SILVA, V. & SAES, N.B., 1986.- Economics of Grass Cutting Ants: 18. (en) Lofgren. S. C & Vander M. R. K (eds). *Fire ants and leaf-cutting ants. Biology and Management*. Westview Press.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O., 1990.- *The Ants*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA, USA.
- HÖLLDOBLER, B. & E.O. WILSON., 2011.- *The Leafcutter Ants: Civilization by Instinct*. W. W. Norton & Co. Ltd.
- MACKAY, W.P. & MACKAY, E.E., 1986.- Las hormigas de Colombia: arrieras del género *Atta*. *Revista Colombiana de Entomología* 12: 23-30.
- MEYER, S.T., 2008.- Ecosystem engineering in fragmented forests. Edge-mediated hyper abundance of leaf-cutting ants and resulting impacts on forest structure, micro-climate and regeneration. PhD thesis dissertation. Technical University Kaiserslautern, Germany. 159pp.
- MONTOYA-LERMA, J., GIRALDO-ECHEVERRI C., ARMBRECHT, I., FARJI-BRENER, A. & CALLE, Z., 2012.- Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management* 58 (3): 225-247.
- MOREIRA, A.A., FORTI, L.C., ANDRADE, A.P.P., BOARETTO, M.A.C. & LOPES, J.F.S., 2004.- Nest architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 39 (2): 109-116.
- OCAMPO, D.M., VALVERDE, C.L., COLMENARES, A.J., & ISAZA, J.H., 2014.- Fenoles totales y actividad antioxidante en hojas de dos especies colombianas del género *Meriania* (Melastomataceae). *Rev. Colomb. Quím.*, 43 41-46.
- ORTIZ, A. & GUZMÁN, G.E., 2007.- *Las hormigas cortadoras de hojas en el departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia, Secretaría de Agricultura de Antioquia, Gobernación de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- RASBAND, W.S., 1997-2014.- *ImageJ*. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, MD. Disponible en: <http://imagej.nih.gov/ij/>
- R CORE TEAM., 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. Disponible en: <http://www.R-project.org/>.
- SANTOS-OLIVEIRA, M.F.S., 2006.- Controle de formigas cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) com produtos naturais. Tese de doutorado em Ciências Biológicas. Universidad Estatal Paulista "Julio de Mesquita Filho", Rio Claro, Brasil.
- VARÓN, E. H., EIGENBRODE, S. D., BOSQUE-PÉREZ, N. A. & HILJE, L., 2007.- Effect of farm diversity on harvesting of coffee leaves by the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. *Agricultural and Forest Entomology* 9: 47-55.
- VARGAS, W.G., 2002.- *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales*. Colección Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. Editorial Illustrated.
- VÁSQUEZ, M.R., 1997.- Flórua de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú. Allpahuayo-Mishana, Explornapo Camp. Explorama Lodge. *Monogr. Missouri Bot. Gard.*, 63: 54-55
- VÉLEZ, R. 1997. *Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado*. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- WEBER, N.A., 1972.- The Attines: The fungus-culturing Ants. *American Scientist*, 60: 448
- ZANETTI, R., 2007.- *Manejo integrado de formigas cortadeiras e cupins em áreas de eucalipto da Cenibra*. Laudo técnico FSC-Cenibra. Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Brasil.