FACTORES ASOCIADOS A INFESTACIONES DE HORMIGA ARRIERA EN PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES DE *EUCALYPTUS* SP. EN SAN MARTÍN (META)

Trabajo de Grado en modalidad Investigación - Innovación

ALEJANDRO ALARCÓN

DIRECTORA

OLGA PATRICIA PINZÓN FLORÍAN
Ingeniera Forestal MSc. Ph.D

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y DE RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERIA FORESTAL

2020

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS 3
ÍNDICE DE TABLAS 4
ÍNDICE DE ANEXOS 5
1. RESUMEN EJECUTVO 6
2. INTRODUCCIÓN 7
3. OBJETIVOS 8
3.1 Objetivo general 8
3.2 Objetivos específicos 8
4. AREA DE ESTUDIO 9
4.1 Descripción de la empresa 9
4.2 Localización 9
5. METODOLOGÍA 11
5.1 Diseño de muestreo 11
5.2 Estimación y clasificación del tamaño de los nidos 16
5.3 Recolección y determinación taxonómica de hormigas 16
5.4 Análisis de datos 17
6. RESULTADOS 19
6.1 Densidad de nidos 19
6.2 Tamaño de nidos 21
6.2.1 Área superficial de nidos según estrato de muestreo 21
6.2.2 Rango del tamaño de nidos 21
6.2.3 Categoría de tamaño de los nidos 23
6.4 Distribución de los nidos muestreados 23
6.5 Especies de hormiga arriera 24
7. DISCUSIÓN 29
8. CONCLUSIONES 32
9. BIBLIOGRAFÍA 33
10. ANEXOS 36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación finca “El Porvenir”. *(Fuente: información proyecto, 2017)* 9
Figura 2. Distribución estratos de muestreo en predio “El Porvenir”. *(Fuente: información proyecto, 2017)*..... 12
Figura 3. Ejemplo del ancho de una de las fajas utilizadas para el muestreo. 13
Figura 4. Distanciamiento entre fajas escala 1:5000 **A.** Intensidad muestreo 25% **B.** Intensidad muestreo 9.5% **C.** Intensidad muestreo 4% Lomeríos **D.** Intensidad muestreo 4% valles (Fuente propia, 2017). 15
Figura 5. Medición área de nidos con base en montículos ( ) y bocas de entrada (●). (Zanetti et al, 2007)..... 16
Figura 6. Recolección de muestras **A.** Recolección directa de muestras. **B.** Muestra preservada en etanol 90% 17
Figura 7. Densidad de nidos de Atta sp. encontrados por estrato de muestreo..... 20
Figura 8. Diagrama de cajas del área superficial de nidos según su fisiografía para todos los nidos de la plantación..... 22
Figura 9. Número de hormigueros según su categoría de tamaño por estrato. 23
Figura 10. Distribución porcentual de la ubicación de los nidos muestreados A. Estratos plantados B. Estratos no plantados..... 24
Figura 11. Abundancia relativa de nidos de hormiga arriera..... 24
Figura 12. Abundancia absoluta de nidos de Atta en diferentes coberturas muestreadas25
Figura 13. Diagrama de cajas del área superficial de nidos según su especie para todos los nidos de la plantación. 26
Figura 14. Abundancia absoluta de nidos de Atta en bosque y plantación según su categoría de tamaño. 27
Figura 15. Abundancia absoluta de nidos de Atta por estrato muestreado..... 27
Figura 16. Biplot de abundancia de A. cephalotes y A. laevigata en relación con fisiografía, edad de plantación, especie, lugar de establecimiento, categoría de tamaño, sombrío. .. 28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores y niveles utilizados para realizar los muestreos de hormiga arriera en Campo Forestal, en el año 2017. 11

Tabla 2. Calculo de área a muestrear y longitud total de las fajas en cada estrato a una intensidad de muestreo de 4% calculado según la información de áreas muestreadas en el proyecto en agosto de 2017..... 14

Tabla 3. Longitud muestreada y número de fajas por estrato 15

Tabla 4. Categoría de nidos se hormiga arriera según tamaño (Oliveira et al. 1993)..... 16

Tabla 5. Categorías por variable, ACM..... 18

Tabla 6. Abundancia y densidad de nidos por estrato de muestreo. 19

Tabla 7. Subconjuntos de áreas fisiográficas con diferente densidad de nidos con base en el Test de Tukey. 20

Tabla 8. Área superficial de nidos por estrato de muestreo 21

Tabla 9. Área superficial del total de nidos según la fisiografía en la cual se muestrearon. 22

Tabla 10. Área superficial del total de nidos según su especie. 26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Pruebas gráficas de normalidad aplicado a la densidad de nidos 36
Anexo 2. Pruebas gráficas de normalidad aplicado al área de nidos..... 37
Anexo 3. Pruebas de normalidad 37
Anexo 4. ANOVA aplicada a la densidad de nidos sobre la fisiografía y edad de plantación 38
Anexo 5. ANOVA aplicada al área de nidos por ha sobre la fisiografía y edad de plantación 38
Anexo 6. Contribuciones y cosenos cuadrados de las variables al ACM..... 38

1. RESUMEN EJECUTVO

Los ataques de la hormiga arriera en plantaciones forestales comerciales exigen medidas de manejo que a pesar de su alta efectividad pueden ser consideradas contaminantes del medio ambiente y la biota asociada. De tal manera que la certificación forestal exige disminuir el uso de productos químicos insecticidas de alta toxicidad y demostrar medidas para minimizar o reemplazar su uso. Por otra parte, la forestación comercial de sabanas en la Orinoquia plantea nuevos retos para el manejo de la hormiga arriera, ya que, aunque se conocen las especies presentes en la zona, no se ha estimado si el establecimiento de plantaciones favorece la intensidad de los ataques o el aumento de las densidades de nidos.

Por lo anterior, con el objeto de analizar alternativas para minimizar el uso de insecticidas, se planteó el proyecto de estimar y comparar las densidades de nidos en áreas con diferentes fisiografías y coberturas, para revisar si en todas se requiere usar insecticidas con la misma intensidad. En este trabajo también se incluyeron variables posiblemente relacionadas con la densidad de nidos de la hormiga arriera, de modo que se pueda inferir las zonas que deben ser priorizadas para el manejo de esta y con ello, lograr un esquema de manejo que reduzca el control químico en la plantación comercial establecida en la finca “El Porvenir”.

En el muestreo se encontraron 185 nidos, distribuidos en un área muestreada de 394,8 ha donde se encontró, en general, una densidad menor a 1 nido/ha y un área de nidos promedio de 75,5 m^2/ha, donde predominan los nidos grandes (categoría V). Los primeros análisis sugieren una relación entre la edad de plantación de 2 años y los más altos niveles de infestación de la hormiga arriera. Mientras que se detecta una menor infestación en las áreas que presentan mayores pendientes. Por otra parte, se evidencia una asociación entre los daños de la hormiga y la cercanía a bosques nativos, ya que el 61,8% de los nidos cuyas hormigas forrajean en las plantaciones se encuentran fuera de las áreas productivas. Adicionalmente, se destaca la preferencia de la hormiga para construir sus nidos cubiertos parcial o totalmente bajo sombra presentando el 70,3% esta condición. Las especies encontradas fueron *Atta cephalotes* Linnaeus *y Atta laevigata* F. Smith con un 58,9% y un 41,1% respectivamente, teniendo la primera especie mayor abundancia en el bosque nativo, y la segunda mayor dominancia en las plantaciones.

2. INTRODUCCIÓN

Las hormigas de los géneros *Atta* y *Acromyrmex* (Hym.: Formicidae) conocidas comúnmente como hormigas arrieras o cortadoras de hojas, son organismos benéficos claves en los ecosistemas neotropicales, tanto por la herbívora como por la modificación de características fisicoquímicas de los suelos. Sin embargo, a la vez son las principales plagas que afectan el establecimiento y desarrollo de plantaciones forestales comerciales en esta región (Montoya-Lerma, et al. 2012). En Brasil, los ataques de *Atta* causan daños que afectan el crecimiento y la productividad de varias especies de eucalipto, en función del tamaño del hormiguero y la edad de la plantación (Zanetti et al. 2000). Un único evento de defoliación puede reducir en un 13% el volumen de madera que podría producir el individuo en un ciclo de corta de 7 años. Como conclusión, las pérdidas en cuanto a volumen de los árboles por las defoliaciones y los costos que requieren los respectivos métodos de manejo que se deben realizar para controlar la hormiga arriera, generan una pérdida en los ingresos de la plantación ya que para el control se requieren aproximadamente un 30% de los costos de manejo de la plantación (Della et al., 2014).

En el caso de la plantación comercial ubicada en el predio “El Porvenir” se tiene un esquema de control de la hormiga arriera basado en el control químico con el cebo granulado Attakill®, dosificado en papeletas y cuya concentración es de 3 g de Sulfuramida por Kg de producto. El producto es aplicado de manera sistemática en una dosis de 3 Kg de producto por ha.

Dada la toxicidad y no selectividad de los productos químicos que es necesario usar para controlar la hormiga arriera y la adhesión por parte de la empresa a los principios y criterios del FSC® (Forest Stewardship Council®), se exige realizar ajustes principalmente en lo concerniente a la disminución del uso de productos químicos insecticidas de alta toxicidad. Se tiene en cuenta que para dichos ajustes es necesario realizar un diagnóstico de la incidencia de los ataques por parte de la hormiga con el fin de usar esta información para la mejora del plan de manejo, y de este modo contribuir a cumplir con los lineamientos de la FSC.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Diagnosticar el estado actual y factores que pueden estar relacionados con la presencia e incidencia de ataques de hormiga arriera, en plantaciones forestales comerciales de la empresa Campo Forestal.

3.2 Objetivos específicos

- Correlacionar variables paisajísticas (fisiografía, cercanía a bosques de galería, edad de la plantación, sombrío), que favorecen el establecimiento de hormigueros.
- Identificar y documentar aspectos taxonómicos, ecológicos y biológicos de la hormiga arriera en el área del proyecto.

4. AREA DE ESTUDIO

4.1 Descripción de la empresa

Campo Forestal es una empresa Colombo – chilena dedicada a la administración y operación de inversiones forestales. Presta servicios en todo el proceso forestal: compra de activos, establecimiento, mantenimiento y venta final de los productos obtenidos. A la fecha ha administrado y operado inversiones para establecer 25.000 hectáreas a lo largo de los llanos orientales.

4.2 Localización

El estudio se realizó en la finca “El Porvenir” ubicada en el municipio de San Martin – Meta, en las coordenadas 3°39'20.65" N y 72°31'43.68"O. Su área es de 17.396,4 ha de las cuales se plantaron 7.913,2 ha entre los años 2014 y 2017. Para el año 2018 se esperaba una forestación de aproximadamente 1.800 ha.

Figura 1. Ubicación finca “El Porvenir”. *(Fuente: información proyecto, 2017)*

El proyecto distingue entre su esquema de polígonos de plantación tres unidades fisiográficas:

- **Valles:** Pendientes ligeras no mayores al 5%. Destacan dos tipos de relieve: Las terrazas aluviales y los planos de inundación de río meándrico; las terrazas aluviales presentan una forma de talud cuyo material parental son depósitos aluviales recientes; los planos de inundación de río meándrico activo presentan formas de cubeta de decantación y cubeta de desborde presentando un material parental de depósitos aluviales. Suelos usualmente profundos y bien drenados.
- **Lomajes:** Terreno ondulado con pendientes no mayores al 30%. Su relieve está conformado por pequeñas lomas con material parental de arcillolitas abigarradas con intercalaciones de arenisca. Suelos profundos que pueden tener contenidos de plintita después de los primeros 30 o 60 cm de suelo.
- **Serranías:** Terreno colinado con pendientes superiores al 30%. Relieve conformado por lomas con material parental de arcillolitas abigarradas con intercalaciones de arenisca. Suelos profundos con presencia de plintita y duripanes en sus horizontes.

5. METODOLOGÍA

Con el objeto de diagnosticar la abundancia de hormiga arriera en el área del proyecto y su posible correlación con características fisiográficas y paisajísticas, se diseñó un muestreo representativo de las áreas plantadas con *E. pellita* y *E. urograndis* teniendo como información base el mapa de áreas del proyecto (figura 2). Las áreas plantadas en la empresa están delimitadas como “polígonos”.

En las áreas muestreadas se tomaron muestras insectiles de cada nido encontrado para llevar a cabo la determinación taxonómica de las especies presentes y comprobar las predominantes en el área de estudio.

5.1 Diseño de muestreo

Se utilizó un muestreo de tipo estratificado proporcional, donde los estratos se seleccionaron a partir de las combinaciones de los factores: fisiografía y año de plantación). Se separaron 12 estratos plantados y 2 estratos no plantados (correspondientes a “L0” y “S0”). La nomenclatura utilizada corresponde a la primera letra del tipo de fisiografía y la edad de la plantación (tabla1).

Tabla 1. Factores y niveles utilizados para realizar los muestreos de hormiga arriera en Campo Forestal, en el año 2017.

Tipo de fisiografía	Año de establecimiento de la plantación	Código estrato
Lomaje	2018	L0
	2017	L1
	2016	L2
	2015	L3
	2014	L4
Serranía	2018	S0
	2017	S1
	2016	S2
	2015	S3
	2014	S4
Valles	2017	V1
	2016	V2
	2015	V3
	2014	V4

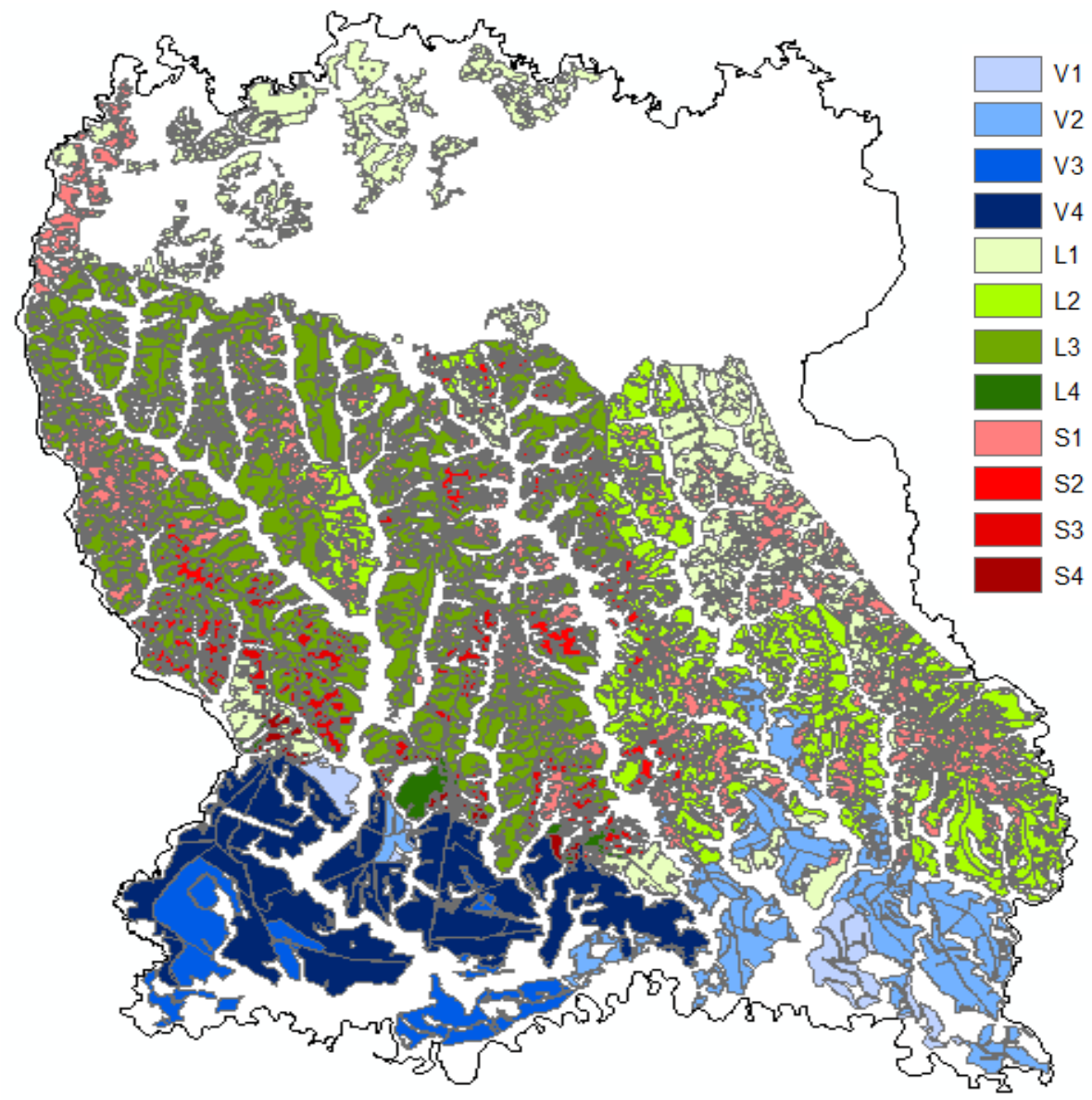


Figura 2. Distribución estratos de muestreo en predio "El Porvenir". *(Fuente: información proyecto, 2017)*

Se debe tener en cuenta que previamente a la plantación y anualmente, durante los dos primeros años de establecida, la empresa realiza un control mediante aplicación sistemática de 3Kg/ha de Attakill®. Es decir que los hormigueros encontrados en el estudio corresponden a aquellos que no fueron controlados al momento de la siembra más aquellos producto de nuevas colonias.

Teniendo en cuenta que el área a muestrear es extensa, se decidió una intensidad de muestreo del 4%, partiendo de que en plantaciones de eucalipto una intensidad de muestreo entre 3,6% y 6,3% presenta una alta correlación entre área muestreada y área

real de nidos (Almeida et al. 2010). La representación en los estratos se indica en la tabla 2. Se diseñó un muestreo en fajas (adaptado de Almeida, 2010). El muestreo en las áreas plantadas de lomeríos y valles fue delimitado incluyendo 3 líneas de plantación, para alcanzar una faja de 7m de ancho, y en el caso de la serranía y los estratos no plantados (S0 y L0) las fajas fueron de 14m de ancho, debido a la ausencia de líneas de plantación que dirigieran el rumbo de la faja y la dificultad de muestrear extensas longitudes de fajas en estas zonas a causa de la irregularidad del terreno.

Figura 3. Ejemplo del ancho de una de las fajas utilizadas para el muestreo.

En la tabla 3 se calculan a partir del área de muestreo al 4% y el ancho de la faja, la longitud necesaria de los transectos mediante la siguiente formula:

$$L(Km) = \frac{Area\ 4\%\ (Km2)}{Ancho\ faja\ (Km)}$$

Ecuación 1. Calculo de longitud total de fajas para cumplir con muestreo al 4%.

Tabla 2. Calculo de área a muestrear y longitud total de las fajas en cada estrato a una intensidad de muestreo de 4% calculado según la información de áreas muestreadas en el proyecto en agosto de 2017.

Estrato	Área (ha)	Proporción con respecto al total del terreno	Área 4% (ha)	Ancho faja (m)	Longitud total de las fajas (Km)
L0	500,0	5,15%	20,0	14	14,3
L1	1064,5	10,96%	42,6	7	60,8
L2	1230,8	12,67%	49,2	7	70,3
L3	2265,9	23,33%	90,6	7	129,5
L4	60,7	0,63%	2,4	7	3,5
S0	1300,0	13,38%	52,0	14	37,1
S1	693,7	7,14%	27,8	14	19,8
S2	191,7	1,97%	7,7	14	5,5
S3	155,0	1,60%	6,2	14	4,4
S4	49,0	0,50%	2,0	14	1,4
V1	154,2	1,59%	6,2	7	8,8
V2	682,1	7,02%	27,3	7	39,0
V3	330,8	3,41%	13,2	7	19,0
V4	1035,1	10,66%	41,4	7	59,2
Total	**9713,6**	**100,00%**	**388,5**		486,8

Con el objeto de definir la distribución homogénea de las fajas con la intensidad deseada de 4%, se hicieron trazos, teniendo en cuenta el acceso al polígono, la cercanía a las vías y la dirección de las líneas de siembra. Para lograr la intensidad deseada se trabajaron fajas cada 122,5m (35 líneas) para Lomeríos y 140m aproximadamente (40 líneas de plantación) para valles y una distribución equitativa en la mayoría del terreno (Figura 3).

Para estimar la densidad de nidos, se hizo un recorrido por parte de 2 personas en cada faja y una vez encontradas las evidencias de daño se ubicó del nido (bosque nativo o plantación). Se muestrearon los nidos asociados al bosque nativo con daños en la faja y en el caso de los nidos en plantación, se muestrean mientras se encuentre todo el nido o una parte de él inmerso en la faja.

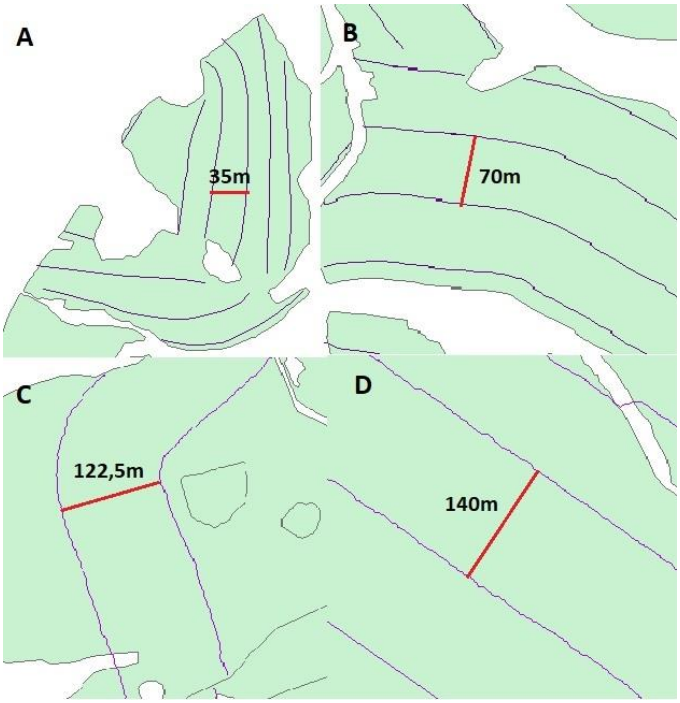


Figura 4. Distanciamiento entre fajas escala 1:5000 **A.** Intensidad muestreo 25% **B.** Intensidad muestreo 9.5% **C.** Intensidad muestreo 4% Lomeríos **D.** Intensidad muestreo 4% valles (Fuente propia, 2017).

En un total de 1551 fajas distribuidas en todos los estratos se muestrearon 480,9 Km de los 479,8 Km a muestrear, como se evidencia en la tabla 5.

Tabla 3. Longitud muestreada y número de fajas por estrato

Estrato	Longitud muestreada (Km)	Numero de fajas
L0	14,7	25
L1	60,9	242
L2	71,3	369
L3	129,5	455
L4	3,6	9
S0	37,0	63
S1	19,8	35
S2	5,6	11
S3	4,5	9
S4	1,5	4
V1	8,8	28
V2	42,7	142
V3	20,9	43
V4	60,1	116
Total	480,9	1551

5.2 Estimación y clasificación del tamaño de los nidos

El área de nido se estimó ubicando montículos superficiales visibles y las bocas de entrada al nido, siendo esta la resultante de la multiplicación entre dos medidas perpendiculares entre sí, A-B y C-D, que abarquen toda el área del nido (figura 4).

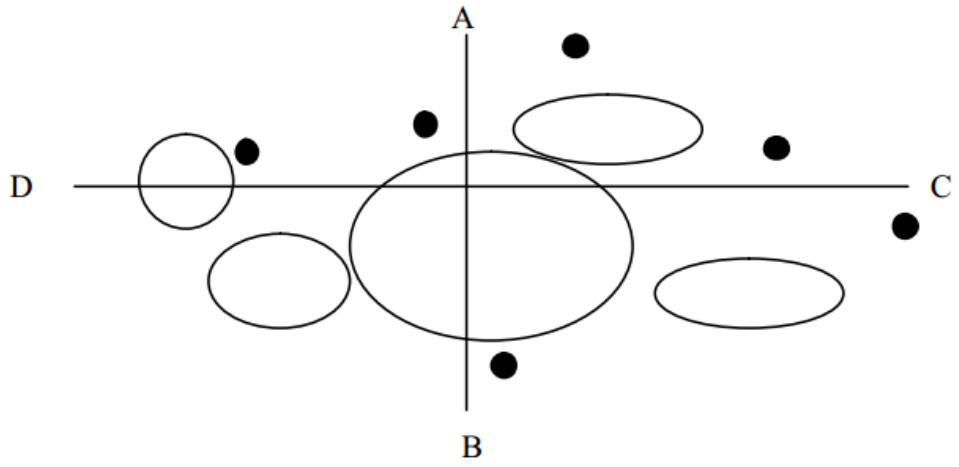


Figura 5. Medición área de nidos con base en montículos (⬭) y bocas de entrada (●). (Zanetti et al, 2007)

Los nidos fueron clasificados por su tamaño según la clasificación de Oliveira et al. (1993):

Tabla 4. Categoría de nidos se hormiga arriera según tamaño (Oliveira et al. 1993)

Categoría	Tamaño (m^2)
I	<1
II	1 - 2,9
III	3 - 8,9
IV	9 - 25
V	>25

Los nidos cuya área superficial no se pudo estimar por poseer una sola entrada sin montículos superficiales, se le asignó un área igual a la media aritmética del área de nidos del estrato correspondiente.

5.3 Recolección y determinación taxonómica de hormigas

Para corroborar las especies de hormigas en el área plantada, se recolectaron individuos de diferentes castas, (principalmente soldados y obreras) de manera manual en cada uno de los nidos y se preservaron en etanol al 90%. Posteriormente las muestras fueron llevadas

al Laboratorio de Sanidad Forestal de la Universidad Distrital Sede Vivero, donde se corroboró la identificación utilizando claves especializadas (Fernández et al. 2015).

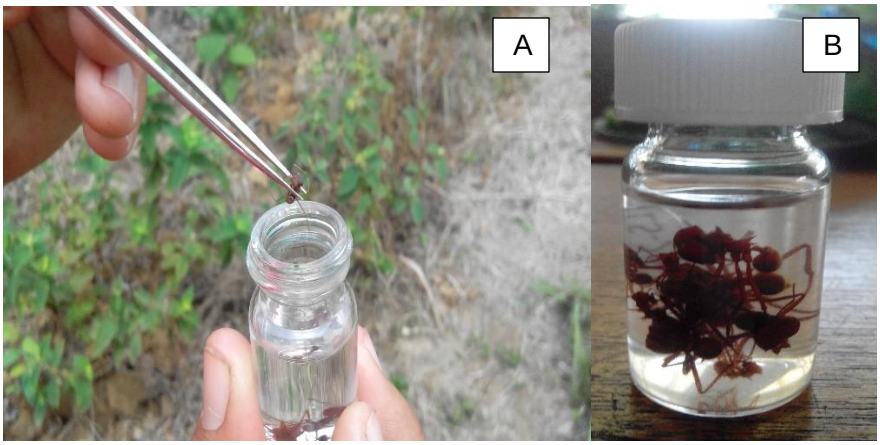


Figura 6. Recolección de muestras **A.** Recolección directa de muestras. **B.** Muestra preservada en etanol 90%

Para cada nido se documentó además de la especie, el área superficial, la presencia parcial o total de un sombrío asociado y la ubicación del nido (bosques de galería, plantación o sabanas remanentes). Las muestras fueron depositadas en la colección entomológica forestal CEFUDFJC.

5.4 Análisis de datos

Para cada estrato se estableció el promedio de nidos de hormiga arriera y área de nidos por hectárea, mediante el estimador de área proporcional de REIS (2005) con su respectivo error estándar y de este modo poder indicar de manera descriptiva el estrato con mayor densidad de nidos y área superficial.

Una vez verificada la normalidad de los datos mediante una prueba gráfica, la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk (Densidad de nidos p: 0,643; Área de nidos p: 0,022), la homocedasticidad mediante la prueba de Levene (Densidad de nidos p: 0,325; Área de nidos p: 0,373), se realizó un Análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias en la densidad de nidos y área de nidos por ha (variables dependientes) entre edades de plantación y características fisiográficas del terreno de siembra. Así mismo, para separar los grupos estadísticamente significativos, se aplicó la prueba de Tukey (tabla 8,11).

La especie, lugar de preferencia para su establecimiento y relación con el sombrío fue explicada de manera descriptiva. Adicionalmente, teniendo en cuenta que algunos de los

datos son categóricos nominales se realizó un análisis de correspondencias múltiples (ACM) usando el software libre R, incluyendo las variables: fisiografía, edad de plantación, especie de hormiga, lugar de establecimiento, categoría de tamaño y sombrío y sus respectivas categorías (tabla 5), con el fin de encontrar afinidad entre las características de los nidos que permitan inferir acerca de los patrones de comportamiento de la hormiga y sus preferencias para el establecimiento en el área de estudio. La información se analizó a partir de los cosenos cuadrados y las contribuciones de cada categoría a los ejes (Anexo 6).

Tabla 5. Categorías por variable, ACM

Edad de plantación	Fisiografía	Especie de hormiga	Lugar de establecimiento	Categoría de tamaño	Sombrío
0	Valles	*A. cephalotes*	Bosque	I	Total o parcial
1	Lomajes	*A. laevigata*	Plantación	II	Ausente
2	Serranía		Sabana remanente	III	
3				IV	
4				V	

6. RESULTADOS

6.1 Densidad de nidos

De manera descriptiva se observó mayor densidad de nidos concentrada en las plantaciones de 2 años (establecidas en lomeríos, valles y serranías). Por otra parte, se observó una tendencia a menor densidad de nidos en las serranías y se contabilizaron las densidades más bajas en los estratos no plantados (Tabla 6, Figura 7).

Tabla 6. Abundancia y densidad de nidos por estrato de muestreo.

Estrato	Número de nidos	Densidad de nidos (n/ha)	Error
L0	4	0,19	0,02
L1	10	0,23	0,01
L2	38	0,76	0,02
L3	61	0,67	0,01
L4	1	0,40	0,11
S0	8	0,15	0,01
S1	3	0,11	0,01
S2	4	0,51	0,25
S3	0	-	-
S4	0	-	-
V1	4	0,65	0,26
V2	27	0,90	0,04
V3	6	0,41	0,03
V4	19	0,45	0,01

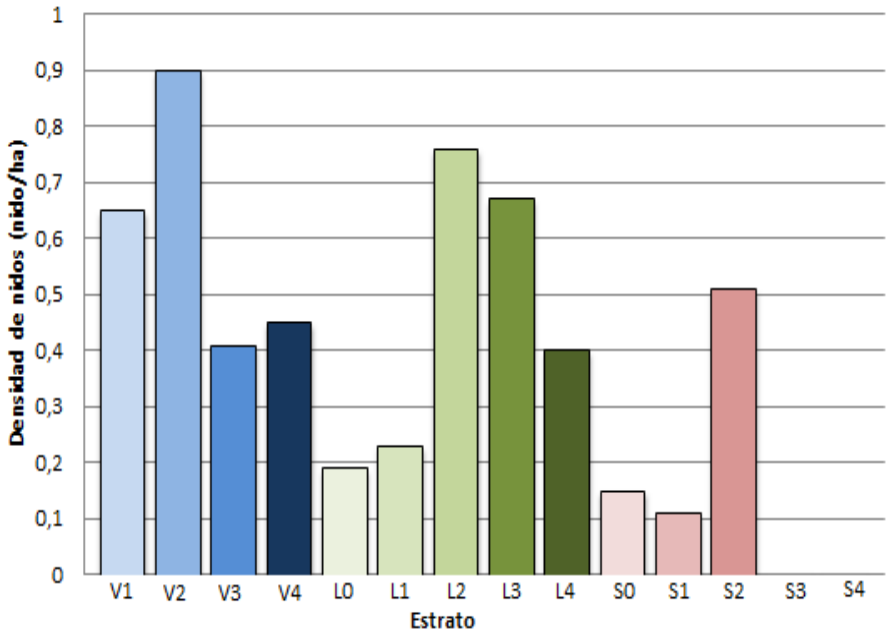


Figura 7. Densidad de nidos de Atta sp. encontrados por estrato de muestreo

Tras realizar un ANOVA se comprueban que la densidad de nidos es diferente entre los tipos de fisiografías estudiadas (p: 0,038; gl: 2), pero no entre las edades de plantacion (p: 0,211; gl: 4)

Tabla 7. Subconjuntos de áreas fisiográficas con diferente densidad de nidos con base en el Test de Tukey.

Fisiografía	N	Subconjunto alfa = 0,05	
		1	2
Serranías	5	0,154	
Lomeríos	5	0,453	0,453
Valles	4		0,603
p-valor	-	0,168	0,598

Las serranías presentaron los menores valores de infestación y se diferencian significativamente de la infestación en los valles, en donde los niveles de infestación alcanzaron los valores más altos, mientras que la densidad de infestación en los lomeríos presentó valores intermedios, pero no significativamente diferentes ni de los valles ni de las serranías.

6.2 Tamaño de nidos

6.2.1 Área superficial de nidos según estrato de muestreo

El área cubierta por nidos por hectarea fue mayor en las zonas de lomeríos y valles en edades jovenes de plantación, mientras que las serranías y las zonas no plantadas presentaron los valores más bajos (Tabla 8).

Tabla 8. Área superficial de nidos por estrato de muestreo

Estrato	Área de nidos (m^2)	Área de nidos (m^2/ha)	Error
L0	60,7	3,0	2,0
L1	1662,5	39,0	5,1
L2	4109,5	82,3	3,2
L3	7065,0	77,9	3,0
L4	146,3	58,5	16,3
S0	213,9	4,1	1,9
S1	117,8	4,2	2,2
S2	195,6	24,9	17,8
S3	0,0	-	-
S4	0,0	-	-
V1	500,2	80,9	13,9
V2	2301,6	77,1	5,3
V3	322,4	22,1	5,6
V4	1303,2	31,0	3,7

Se evidenciaron diferencias en el área cubierta por nidos/hectárea entre las diferentes fisiografías (prueba de Kruskal-Wallis (p: 0,047; gl: 2), pero no entre edades de plantación (p: 0,0369; gl: 4).

6.2.2 Rango del tamaño de nidos

En el área de muestreo existe una gran variabilidad en cuanto al tamaño de los nidos, encontrándose nidos desde 0,1 m^2 hasta los 845,0 m^2. En las fisiografías con pendientes menos pronunciadas (lomajes y valles) se observó la mayor área superficial de nidos (figura 8), alcanzando tamaños superiores a 500 m^2, siendo las zonas de lomeríos la fisiografía en la que se observó mayor desarrollo de los nidos (114,4 ± 14,0 m^2), seguido de los valles, (76,0 ± 12,4 m^2) mientras que la serranía presentó los valores más bajos. (51,4 ± 18,9 m^2) (Tabla 9).

Tabla 9. Área superficial del total de nidos según la fisiografía en la cual se muestrearon.

	Mínimo (m^2)	Máximo (m^2)	Promedio (m^2)	Error (m^2)
Lomaje	0,1	845,0	114,4	14,0
Valle	0,1	521,4	76,0	12,4
Serranía	3,4	294,8	51,4	18,9

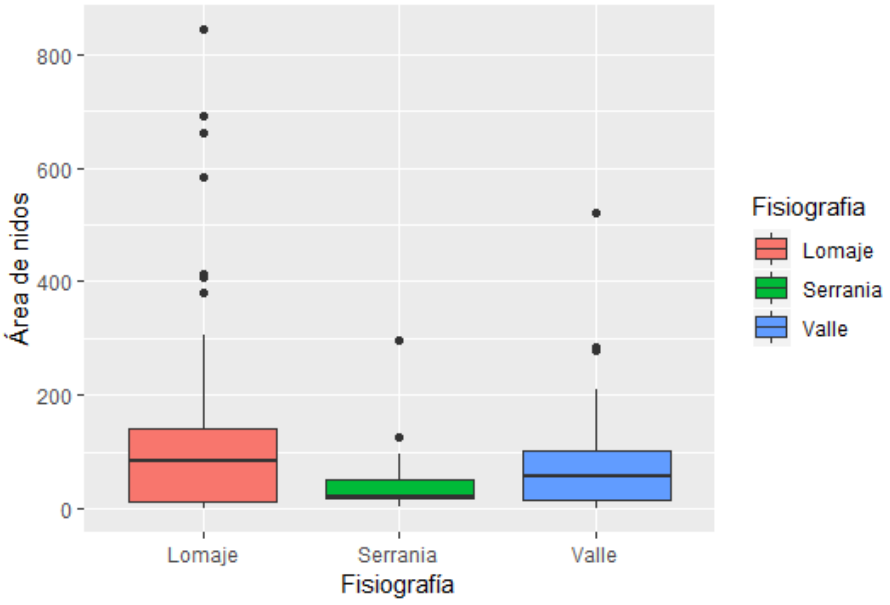


Figura 8. Diagrama de cajas del área superficial de nidos según su fisiografía para todos los nidos de la plantación.

En la figura 8 las cajas representan del primer al tercer cuartil (rango intercuartilico) del área superficial de nidos, mientras que los puntos que no se encuentran en los bigotes representan los valores extremos o valores atípicos, que hacen referencia a aquellos nidos con mayor desarrollo. (lomaje: nidos >300 m^2; serranía: nidos >100m^2; valle: nidos > 200 m^2).

6.2.3 Categoría de tamaño de los nidos

Por otra parte, la predominancia de los nidos mayores a 25m^2 de área superficial se impone en todos los estratos, exceptuando las serranía y los estratos no plantados donde los nidos medianos (categorías III y IV) tienen una mayor representación. Las categorías pequeñas, tienen una mayor representación en Lomeríos y valles de 2 y 3 años de plantación.

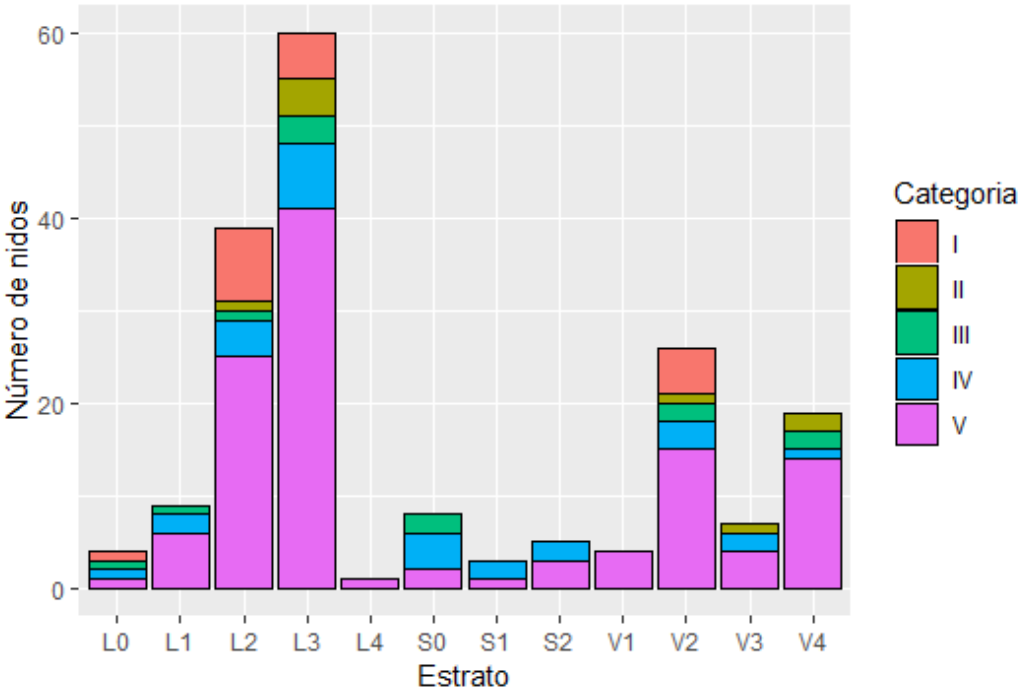


Figura 9. Número de hormigueros según su categoría de tamaño por estrato.

6.4 Distribución de los nidos muestreados

La mayoría de los nidos muestreados están ubicados dentro de las áreas de bosque natural (bosque de galería) que circundan las plantaciones y desde allí forrajean dentro de las áreas plantadas (figura 10), mientras que, en los estratos no plantados la concentración de nidos se da principalmente en las sabanas remanentes.

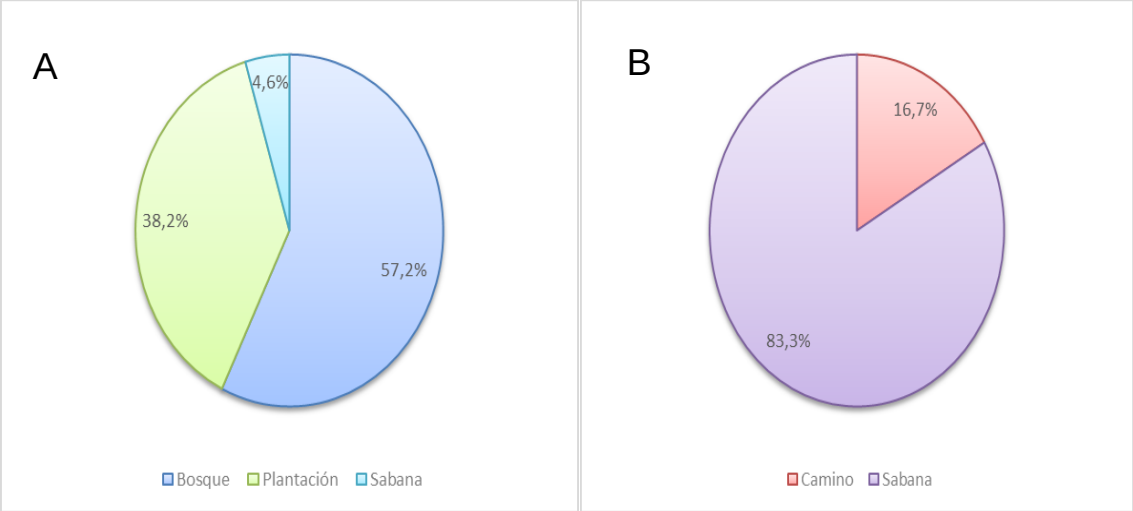


Figura 10. Distribución porcentual de la ubicación de los nidos muestreados A. Estratos plantados B. Estratos no plantados.

De los 185 nidos observados, 78% estaban cubiertos total o parcialmente por alguna cobertura propiciando un sombrío al nido, mostrando preferencia de la hormiga para establecerse en zonas cuya temperatura es regulada por el dosel.

6.5 Especies de hormiga arriera

Las especies de hormiga arriera encontradas como causantes de daños relevantes a la plantación fueron *Atta laevigata* F. Smith y *Atta cephalotes* Linnaeus, también se encontró ocasionalmente a *Acromyrmex landoltii* Forel., la cual no fue muestreada por el pequeño tamaño de los nidos y el impacto económico casi nulo que tiene en la plantación debido a que toma principalmente suministro de material vegetal del forraje superficial.

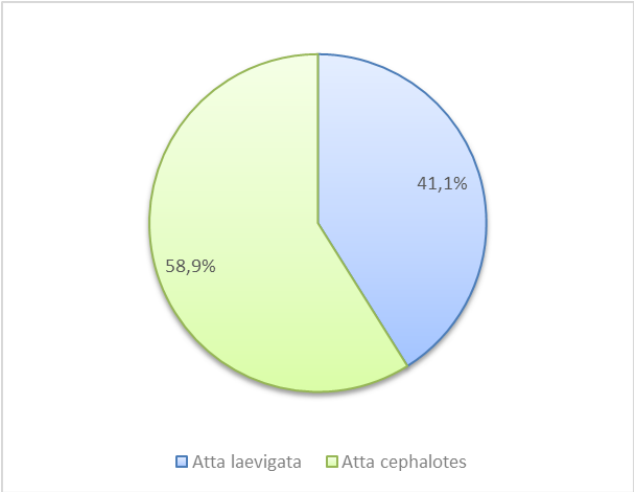


Figura 11. Abundancia relativa de nidos de hormiga arriera

De las dos especies del género *Atta* encontradas, *A. cephalotes* mostró predominancia en número de nidos total en comparación con *A. laevigata* (109 y 76 nidos respectivamente).Sin embargo,, en la figura 12 se evidencia como *A. cephalotes* predomina en el bosque natural, mientras que *A. laevigata* predomina del establecimiento en plantaciones.

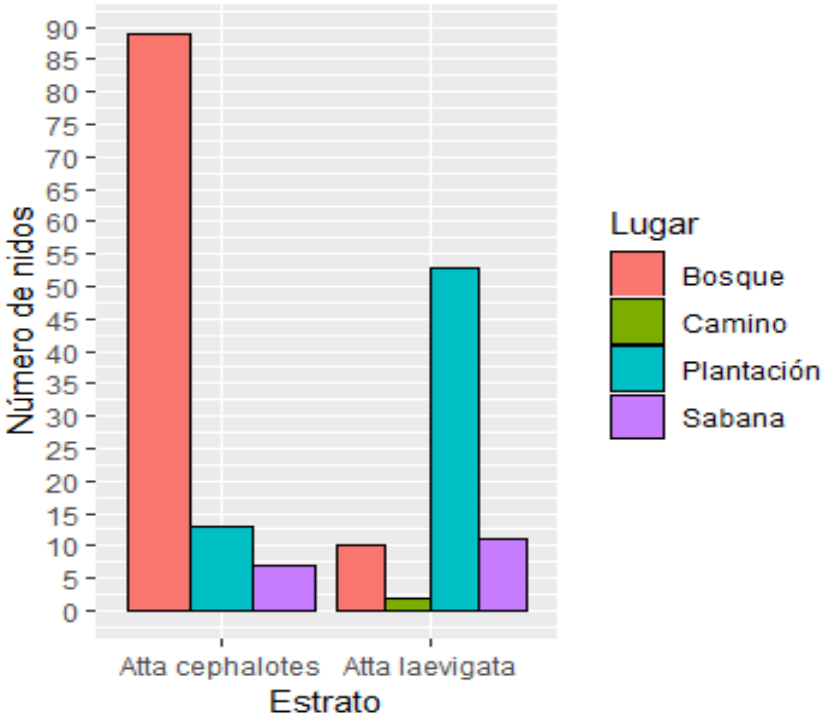


Figura 12. Abundancia absoluta de nidos de Atta en diferentes coberturas muestreadas

En cuanto al tamaño de nidos para cada especie (figura 13) se evidencia como *A. cephalotes* presenta el mayor desarrollo en sus áreas superficiales con un promedio de área para cada nido de 120,7 ± 13,2 m^2, mientras que *A. laevigata* presenta un promedio de 76,0 ± 13,6 m^2.

Tabla 10. Área superficial del total de nidos según su especie.

	Mínimo (m^2)	Máximo (m^2)	Promedio (m^2)	Error (m^2)
A. cephalotes	0,1	845,0	120,7	13,2
A. laevigata	0,1	521,4	76,0	13,6

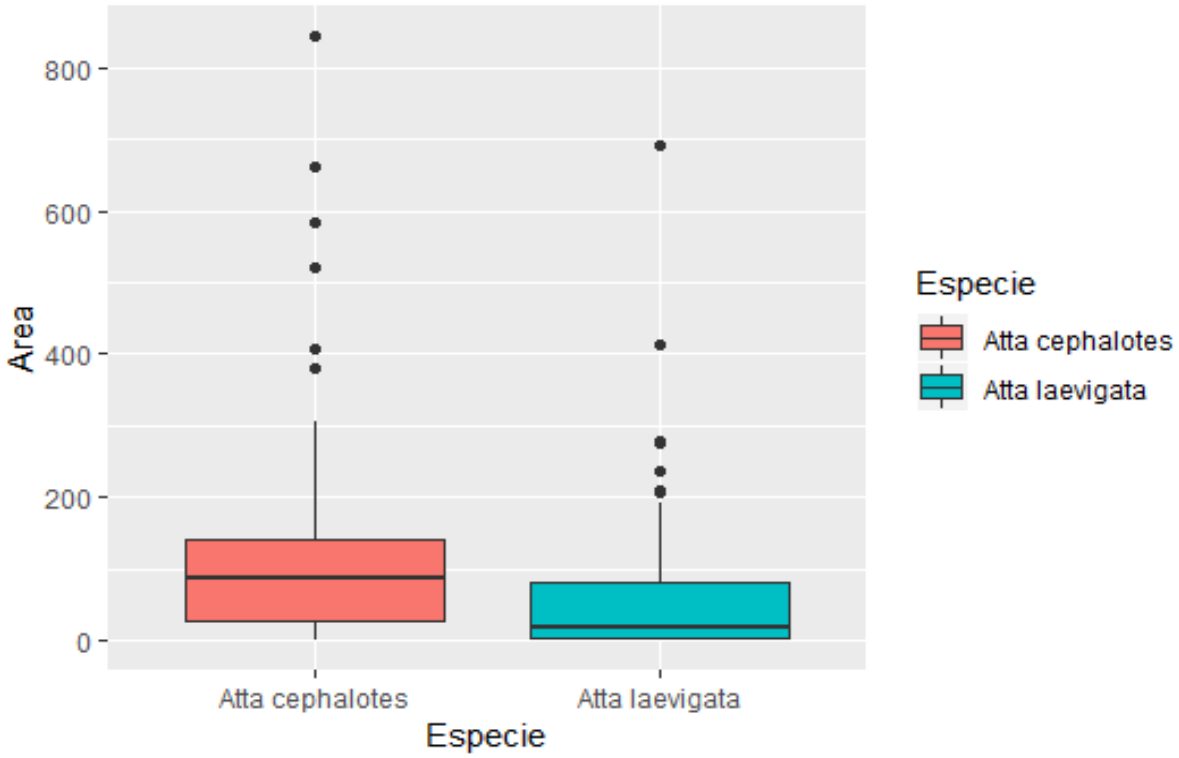


Figura 13. Diagrama de cajas del área superficial de nidos según su especie para todos los nidos de la plantación.

Los nidos con categoría de tamaño V (>25 m^2) son predominantes en ambas especies según su abundancia absoluta, sin embargo, se observa en la figura 14 que el desarrollo de estos nidos es superior en bosques para *A. cephalotes* y en plantaciones para *A. laevigata,* mostrando así una marcada diferencia de comportamiento entre las dos especies.

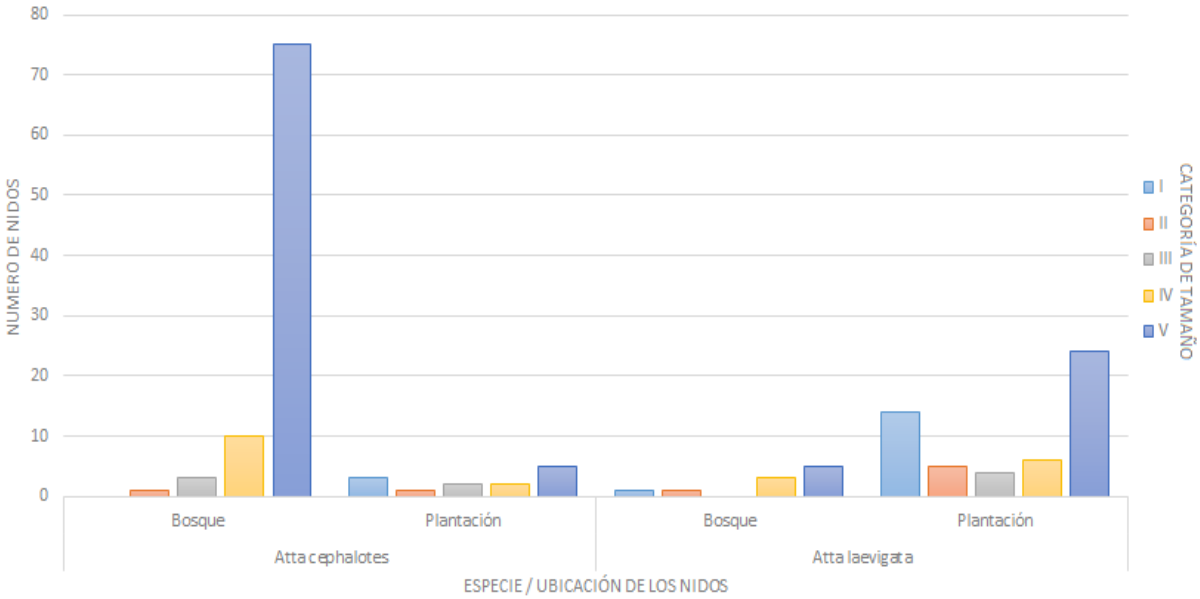


Figura 14. Abundancia absoluta de nidos de Atta en bosque y plantación según su categoría de tamaño.

Pese a la distribución de la *A. laevigata* principalmente en plantación, se destaca la abundancia de *A. cephalotes* en las infestaciones encontradas en los estratos jóvenes de plantaciones realizadas en valles y lomeríos. Por otra parte, *A. laevigata* es más representativa en estratos no plantados, serranías y plantaciones mayores a 2 años de valles (Figura 15).

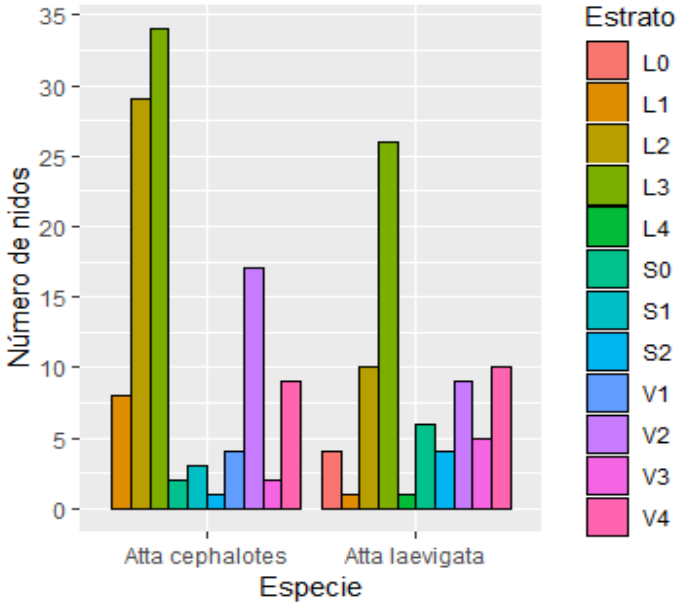


Figura 15. Abundancia absoluta de nidos de Atta por estrato muestreado

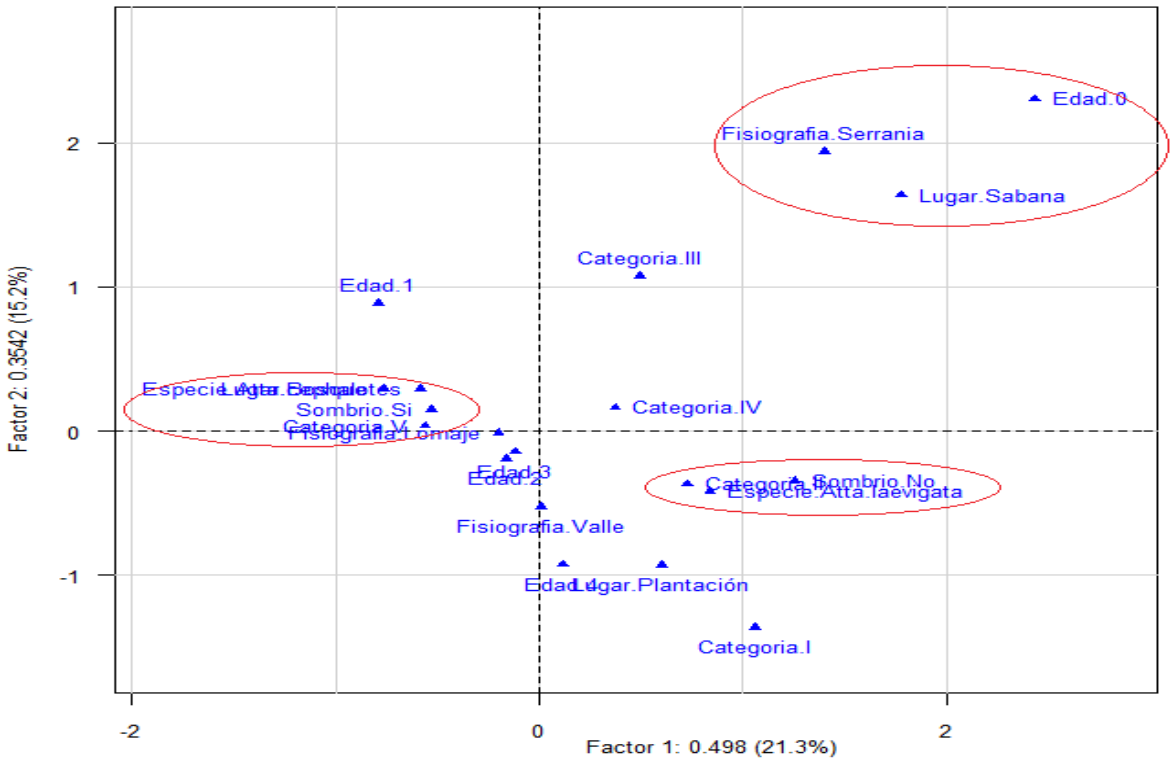


Figura 16. Biplot de abundancia de A. cephalotes y A. laevigata en relación con fisiografía, edad de plantación, especie, lugar de establecimiento, categoría de tamaño, sombrío.

A partir del análisis de correspondencias múltiples (ACM), representado en la figura 15, se evidencia la afinidad existente entre la abundancia de *A. cephalotes* y los remanentes de bosque natural circundantes, el sombrío y su mayor tamaño de nido. En cuanto a *A. laevigata* se asocia a la ausencia total o parcial de sombrío. Por otra parte, se observa como los nidos encontrados en las zonas no plantadas se ubican principalmente en las serranías, en las sabanas remanentes.

7. DISCUSIÓN

Una de las mayores dificultades encontradas durante la forestación de sabanas seminaturales, con fines comerciales en la altillanura colombiana es la defoliación por hormiga arriera (Montoya-Lerma et al. 2012; Della et al. 2014; Arias, 2012). Por otra parte, la forestación comercial enfrenta la dificultad de tener vedado el uso de plaguicidas para cumplir con los requisitos de manejo forestal sostenible que requieren las empresas que se someten al proceso de Certificación (Zanuncio, J. et al. 2016).

Las plantaciones pertenecientes a la reforestadora Cumare presentan en general niveles bajos de infestación (inferiores a 1 nido /ha) si se comparan con lo observado en plantaciones de *Eucalyptus sp.* ubicadas en Minas Gerais, Brasil, donde se encontraron aproximadamente 16,93 nidos/ha (Zanetti et al, 2000) y en Botacato, Brasil, con 10 nidos/ha (Da Silva 2008). La infestación también es baja comparada con lo reportado en plantaciones forestales comerciales de otras especies como *Pinus* sp. ubicada en los llanos venezolanos en donde se registran 30 nidos/ha del genero *Atta* (Jaffé K.1986) y en plantaciones de *A. mangium* establecidas sobre sabanas seminaturales (Lores & Pinzón 2011). Posiblemente la baja densidad indica efectividad del producto con ingrediente activo Sulfuramida en el control de la hormiga arriera durante la preparación del terreno para la siembra o también una natural baja infestación en esta región.

Las plantaciones evaluadas presentan infestación por *A. laevigata* y *A. cephalotes* concordante con el mapa de distribución del género *Atta* (Fernández et al. 2015). Lo encontrado en el estudio coincide con otros registros en la Orinoquia colombiana que registran pérdidas en plantaciones comerciales recién establecidas, siendo *A. laevigata* y *A. cephalotes* las especies de hormiga arriera predominantes en plantaciones de la altillanura (Lores & Pinzón, 2011). La prosperidad de ambas especies puede deberse a la competencia reducida entre sus colonias a causa de sus diferencias de hábitat siendo *A. laevigata* predominante en las áreas productivas de la plantación, mientras que *A. cephalotes* predomina en los bosques circundantes a ella, en concordancia con Da Silva (2008) que evidencia la preferencia de *A. laevigata* por las zonas borde de la plantación debido a la vegetación menos densa típica de estas áreas.

A diferencia de *A. laevigata,* en el área de estudio, *A. cephalotes* presenta una clara preferencia hacia zonas con una cobertura vegetal más densa (Lerma et al., 2006; Della &

Moreira, 1993), como las condiciones propias de los bosques de galería aledaños a la plantación, debido a que las corrientes de aire caliente reducen el crecimiento de *L. gongylophorus* (Van Gils, 2010) limitando así el desarrollo de sus colonias. Acorde a esto, según Villanueva et al. (2016) en el caso de cafetales ubicados en Popayan y Cabijio (Cauca), el área superficial de los nidos de *A. cephalotes* es mayor en las zonas donde existe un sombrío permanente asociado. Sin embargo, en cuanto a la densidad de nidos Villanueva (2016) en el Cauca registra densidades similares en las áreas productivas con y sin exposición a la radiación directa y densidades de nidos un poco menores en bosques asociados. De tal manera, que, si bien los bosques son en su mayoría adecuados para el desarrollo de *A. cephalotes*, no siempre son los preferentes para su establecimiento y es posiblemente el control químico el encargado de limitar el tamaño de estos nidos en las áreas productivas.

Las áreas fisiográficas que presentaron mayores infestaciones y tamaños de nidos fueron los lomeríos y valles. Lo anterior sugiere una baja preferencia de las hormigas al establecimiento en lugares inclinados, tal como lo registrado por Lerma et al (2006), donde las zonas planas son favorables para el establecimiento de la especie *Atta cephalotes* en zonas verdes de Cali. Dicho comportamiento puede atribuirse a la erosión propia de las zonas de pendiente y con ello a la perdida de propiedades físicas y químicas del suelo (Hincapié y Tobón, 2012, Sancho & Villatoro, 2005), apoyando de este modo la hipótesis de Van Gils (2010) “suitable soil” (suelo adecuado), donde expone que las condiciones fisicoquímicas del suelo serán un factor determinante para el establecimiento y desarrollo de los nidos de hormiga.

La mayor frecuencia de áreas infestadas se presentó en la edad de plantación correspondiente a los 2 años. Lo anterior, posiblemente debido a la preferencia de la hormiga por material vegetal fresco (Fernandez et al. 2015) el cual es de fácil acceso en los primeros dos años de la plantación. Sin embargo, en el área de estudio, las infestaciones en plantaciones de esta edad son menores contrastadas con el segundo año posiblemente gracias a las acciones de control previo a la plantación y los monitoreos constantes por parte de las cuadrillas de trabajo al efectuar labores varias (fertilizaciones, fumigaciones, replantes, etc.), que permiten ubicar los ataques y realizar un oportuno control durante este primer año de establecida la plantación.

En la reforestadora Cumare las áreas forestadas se caracterizan por presentar suelos y topografías variados, en los cuales de acuerdo con el presente estudio se observa que las

densidades de infestación con hormiga arriera son diferentes y eso permitiría disminuir las cantidades de cebos requeridos para hacer los tratamientos. Teniendo en cuenta que los niveles más bajos de infestación se presentaron en la fisiografía de tipo serranía, se sugiere disminuir o retirar el control químico con Attakill®, con el fin de precisar la magnitud de los daños sin realizar un control de la misma intensidad y de este modo, en un futuro estudio poder observar la infestación natural en estas áreas para determinar si se requiere el control químico o si se puede realizar un tratamiento alterno (*Trichoderma viride, Beauveria bassiana,* tierras diatomeas, etc) para controlar las poblaciones de *Atta*.

8. CONCLUSIONES

En el sitio de estudio los niveles de infestación presentan asociación con la fisiografía, la ubicación y la edad de plantación . Las zonas cuyas pendientes no superan el 30% (valles y lomeríos) son más vulnerables a la aparición de la hormiga arriera, contrario a las serranías. Por otra parte, el 57,2% de los nidos que afectan a la plantación se originan en los remanantes de bosque natural. Pese a que las pruebas estadísticas no hallan diferencias significativas entre la densidad de nidos y la edad de la plantación, el segundo año de plantación presenta para todas las fisiografías los mayores niveles de infestación. Por tanto, se sugiere el monitoreo principalmente en aquellos polígonos de plantación con dichas características de fisiografía, edad de plantación y ubicación.

En el área de estudio se encontraron dos especies: *A. laevigata* predominante en las zonas de plantación y las sabanas remanentes; y *A. cephalotes*, cuyo desarrollo se asocia a las áreas de bosque natural aledañas al área de plantación. El desarrollo de los nidos es favorable para *A. cephalotes* debido que el área superficial de sus nidos sobrepasa en su mayoría los 25 m^2 (categoría de tamaño V), por tanto, es esta especie la que tiene mayor potencial defoliatorio en las áreas de plantación.

Los resultados de este trabajo sugieren minimizar el uso de plaguicidas mediante la disminución de aplicaciones en las áreas de menor infestación, contribuyendo a cumplir los lineamientos establecidos por la FSC). Igualmente, se recomienda en estudios posteriores continuar desarrollando insumos para optimizar el plan de acción dentro del plan de manejo integrado de la hormiga arriera, mediante la evaluación y correlación de los niveles de infestación y la prevalencia (incidencia y severidad).

9. BIBLIOGRAFÍA

Almeida, M., Zanetti, R., Soares, J., & Ferreira, M. (2010). Amostragem de formigas cortadeiras (Hymenoptera: formicidae) em eucaliptais pelos métodos de transectos em faixa e em linha. Revista Arbore, Vicosa-MG, 34(6), 1101–1108.

Arias, N. (2012) Efectividad de cebos a base de entomopatógenos y extracto vegetal para manejo de hormiga arriera (*Atta laevigata*) en plantaciones forestales de Villanueva (Casanare). (Informe de pasantía) Bogotá D.C. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 99 pp.

Banderas, A. (2004). Control de *Atta colombica* con los hongos *Trichoderma harzianum, Beauveria bassiana* y el insecticida Malation. Facultad de Ciencia y Producción Agropecuaria Honduras - Zamorano. Pag. 112.

Da Silva, R., Ramos, V., Forti, L., Andrade, A. & Noronha, N. (2008). Density and Spatial Distribution of *Atta sexdens rubropilosa* and *Atta laevigata* Colonies (Hym., Formicidae) in Eucalyptus spp. Forests. Sociobiology. **51**. 1-10

Della, L., Gandra, L., & Guedes, R. (2014) Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. (Review). Pest Manage Science, **70**, 14-23. doi: 10.1002/ps.3660

Fernandez F. (ed.). (2003). Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá·, Colombia. XXVI + 398 p.

Fernandez, F., Castro-Huertas, V., & Serna, F. (2015) Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: *Acromyrmex* y *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). Fauna de Colombia – Monografía N°5. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia.

FSC (2007). FSC Pesticides Policy: guidance on implementation. FSC: 23. Recuperado de: https://us.fsc.org/preview.fsc-pesticide-policy-guidance-on-implementation.a-193.pdf

HAJA, van Gils., Gaigl, A. & Gómez, L. (2010) The relationship between soil variables and leafcutter ant (*Atta sexdens*) nest distribution in the Colombian Amazon. Insectes Sociaux**. 57**. 487-494.

HAJA, van Gils. (2012). Los factores ambientales en relación con la hormiga arriera (*Atta sexdens*) en el sur del trapecio amazónico, Colombia (Tesis doctoral) Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 236p.

Haeder, S.*, et al.* (2009). "Candicidin - producing *Streptomyces* support leaf-cutting ants to protect their fungus garden against the pathogenic fungus *Escovopsis*." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **106**(12): 4742-4746

Hincapié, E. & Tobón, C. (2012). Dinámica del agua en andisoles bajo condiciones de ladera. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. **65**(2): 6771-6783**.** 2012.

Jaffé K. (1986). Control of Atta and Acromyrmex in pine tree plantations in the Venezuelan Llanos. In: Lofgren CS, Vander Meer RK, editors. Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management. 409-416.

Lerma, J., Chacón, P., Manzano, M. (2006) Caracterización de nidos de hormiga arriera *Atta cephalores* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). Revista Colombiana de Entomología **32**(2): 151-158

López, E., & Orduz, S. (2003). *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viridae* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes Linnaeus*.Biological Control **27**(2): 194-200.

Lores, A., & Pinzón-Florián, P. (2011). Insectos fitófagos en plantaciones comerciales de *Acacia mangium Willd.* en la Costa Atlántica y la Orinoquia Colombiana*.* Colombia Forestal, **14**(2), 175-188.

Madrigal, A. & Yepes, F. (1996). Las hormigas cortadoras y su control. Medellín, Secretaría de Agricultura. Universidad Nacional. 36p.

Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrecht, I., Farji-Brener, & Calle, Z. (2012): Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control, International*.* Journal of Pest Management, **58**(3), 225-247

Nieto, V. Gasca, G. (2010). Experiencias y avances en el manejo de *Eucalyptus pellita* F. Muell. en La Orinoquia Colombiana. CONIF- Min. Agricultura.

Sancho, F. & Villatoro, M. (2005). Efecto de la posición de la pendiente sobre la productividad de tres secuencias de suelos en ambientes ústicos de Costa Rica. Agronomía Costarricense. **29** (3), 159-174p.

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

Weber, N. (1982) *Fungus ants.* En: Hermann H. (Ed.) Social insects. Volume IV. Athens, Georgia University of Georgia. 258-260p.

Zanetti, R., Jaffé, K., Vilela, E., Zanuncio, J. & Leite, H. (2000) Efeito da densidade e do tamanho de sauveiros sobre a produção de madeira em eucaliptais. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil **29**, 105–117.

Zanetti, R., Vilela, E., Zanuncio, J., Leite, H, Dias, G. (2000). Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de sauveiros em eucaliptais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, **35.** 1911-1918p.

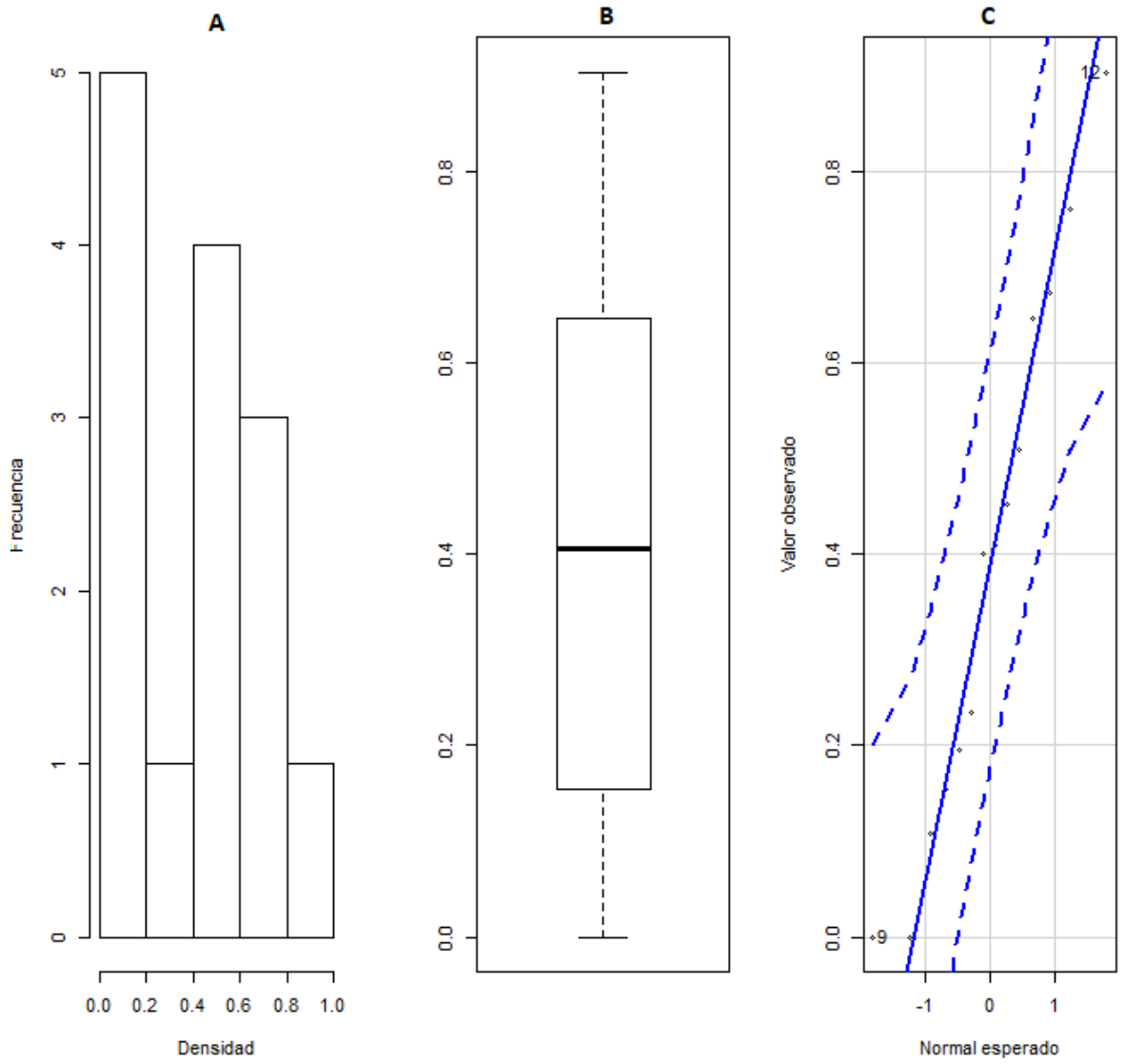
Zanetti, R. (2007) "Manejo integrado de formigas cortadeiras e cupins em áreas de eucalipto da Cenibra." Laudo técnico FSC-Cenibra. Departamento de Entomología, Universidade Federal de Lavras, Brasil. 74p.

Zanetti, R., REIS, M. & Mendoza L. (2008) Métodos de amostragem de formigas cortadeiras em florestas cultivadas. En: **Vilela, E.F., Santos, I.A., Schoereder, J.H., Serrão, J.E., Campos, L.A.O. & Lino N.** (Orgs.) Insetos sociais: da biologia à aplicação. 1 ed. Viçosa: Editora UFV. 397- 412p.

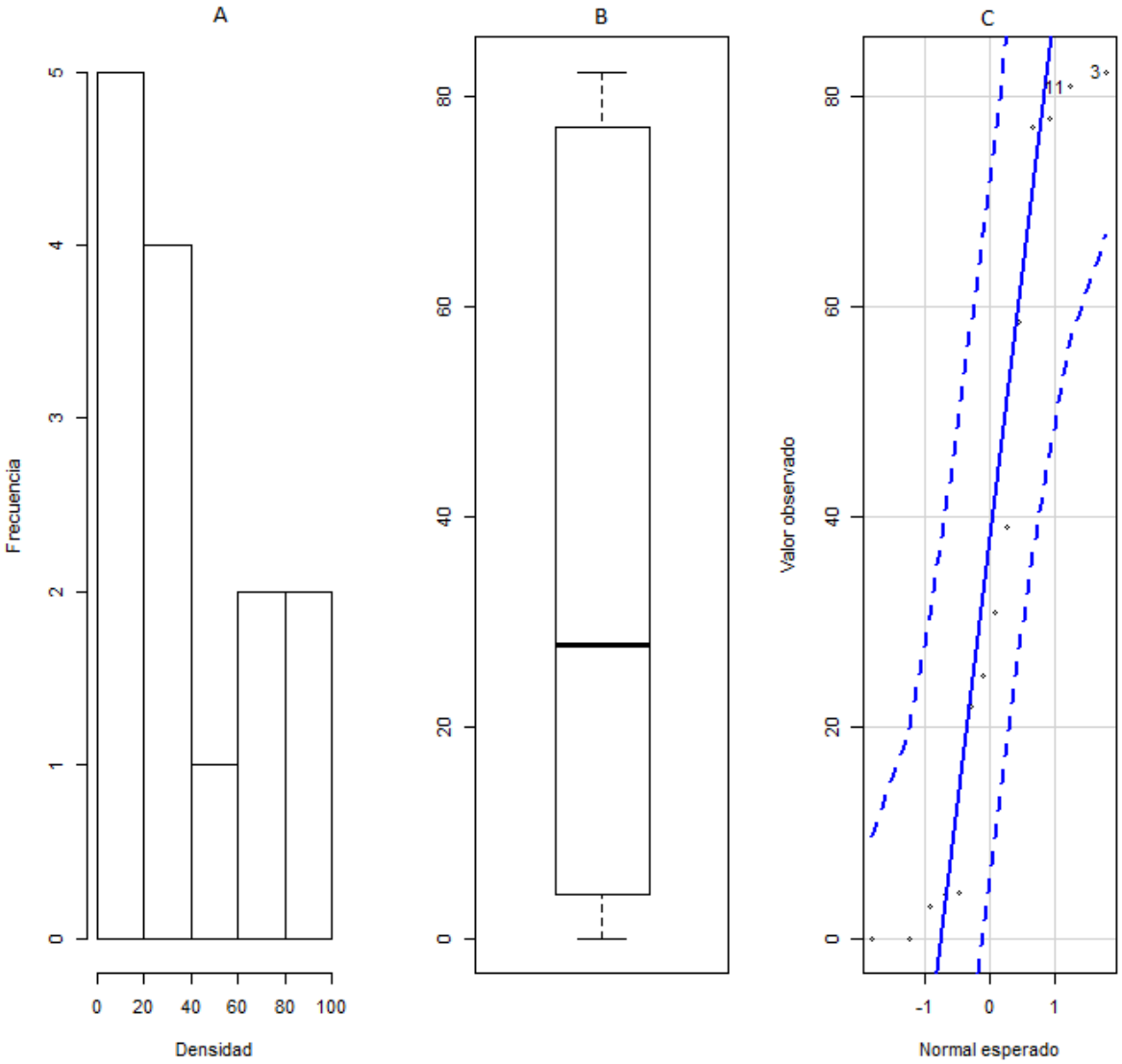
Zanuncio, J., Lemes, P., Antunes L., Maia, J. Mendes, J., Tanganelli, K., Salvador, J. & Serrão, J. (2016) The impact of the Forest Stewardship Council (FSC) pesticide policy on the management of leaf-cutting ants and termites in certified forests in Brazil. Annals of Forest Science, **73**, 205-214.

10. ANEXOS

Anexo 1. Pruebas gráficas de normalidad aplicado a la densidad de nidos A) Histograma B) boxplot y C) gráfico Q-Q



Anexo 2. Pruebas gráficas de normalidad aplicado al área de nidos A) Histograma B) boxplot y C) gráfico Q-Q



Anexo 3. Pruebas de normalidad

Shapiro-Wilk			
Variable	Estadístico	gl	p-valor
Densidad de nidos	0,955	14	0,643
Área de nidos	0,850	14	0,022

Levene				
Variable	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Densidad de nidos	1,349	4	9	0,325
Área de nidos	1,206	4	9	0,373

Anexo 4. ANOVA aplicada a la densidad de nidos sobre la Fisiografía y edad de plantación

ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Fisiografía	0,479	2	0,240	4,480	0,038
Edad	0,476	4	0,119	1,810	0,211

Anexo 5. ANOVA aplicada al área de nidos por ha sobre la Fisiografía y edad de plantación

Kruskal-Wallis	H de Kruskal-Wallis	gl	p-valor
Fisiografía	6,099	2	0,047
Edad	4,286	4	0,369

Anexo 6. Contribuciones y cosenos cuadrados de las variables al ACM

Variable: Categoría	Contribuciones		Cosenos cuadrados	
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 1:3	Comp. 4:14
Fisiografia: Lomaje	0,83%	0,01%	72,93%	27,07%
Fisiografia: Serrania	5,67%	15,30%	55,64%	44,36%
Fisiografia: Valle	0,00%	3,95%	74,65%	25,35%
Edad: 0	12,91%	16,17%	78,22%	21,78%
Edad: 1	1,81%	3,19%	13,96%	86,04%
Edad: 2	0,32%	0,68%	4,23%	95,77%
Edad: 3	0,16%	0,35%	36,76%	63,24%
Edad: 4	0,05%	4,36%	60,83%	39,17%
Categoria: I	3,89%	8,97%	44,29%	55,71%
Categoria: II	2,21%	0,79%	10,54%	89,46%
Categoria: III	1,14%	7,65%	22,94%	77,06%
Categoria: IV	0,43%	0,11%	8,78%	91,22%
Categoria: V	5,70%	0,03%	37,21%	62,79%
Lugar: Bosque	10,36%	2,13%	77,61%	22,39%
Lugar: Plantación	4,30%	14,58%	69,84%	30,16%
Lugar: Sabana	11,50%	13,60%	70,95%	29,05%
Sombrio: No	15,66%	1,70%	71,71%	28,29%
Sombrio: Si	6,62%	0,72%	71,71%	28,29%
Especie: Atta cephalotes	6,76%	2,35%	62,41%	37,59%
Especie: Atta laevigata	9,69%	3,37%	62,41%	37,59%