

**EVALUACIÓN DE LA MIRMECOFAUNA ASOCIADA A CAFÉ (*Coffea arabica* L.)
EN LA VEREDA SAN ANTONIO, CORREGIMIENTO LA CALDERA,
MUNICIPIO DE PASTO**

**JAIME AUGUSTO VILLOTA VILLOTA
MARYBELLE ALEXANDRA ESTACIO TREJO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
PASTO – COLOMBIA**

2014

**EVALUACIÓN DE LA MIRMECOFAUNA ASOCIADA A CAFÉ (*Coffea arabica* L.)
EN LA VEREDA SAN ANTONIO, CORREGIMIENTO LA CALDERA,
MUNICIPIO DE PASTO**

**JAIME AUGUSTO VILLOTA VILLOTA
MARYBELLE ALEXANDRA ESTACIO TREJO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de ingeniero
agroforestal**

Presidente

TITO BACCA IBARRA Ph. D

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
PASTO – COLOMBIA**

2014

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^{ro} del Acuerdo no. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma de jurado

Firma de jurado

San Juan de Pasto, Mayo 28 de 2014

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
MATERIALES Y METODOS	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
CONCLUSIONES.....	25
AGRADECIMIENTOS.....	26
BIBLIOGRAFIA.....	27

**EVALUACIÓN DE LA MIRMECOFAUNA ASOCIADA A CAFÉ (*Coffea arabica* L.)
EN LA VEREDA SAN ANTONIO, CORREGIMIENTO LA CALDERA,
MUNICIPIO DE PASTO¹**

**ASSESSMENT OF MYRMECOFAUNA ASSOCIATED WITH COFFEE (*Coffea
arabica* L.) IN THE VILLAGE OF SAN ANTONIO, CORREGIMIENTO LA
CALDERA, MUNICIPALITY OF PASTO**

Jaime Augusto Villota V. ²

Marybelle Alexandra Estacio T. ³

Tito Bacca I. ⁴

RESUMEN

Se evaluó la abundancia, riqueza y diversidad de la mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) asociada a café (*Coffea arabica* L.) en la vereda San Antonio, corregimiento de La Caldera (Pasto), ubicada geográficamente entre latitud 1°20'7.13"N y longitud 77°19'6.37"O, en los meses de abril a agosto de 2013, efectuando un muestreo por mes. Se seleccionaron 6 fincas clasificadas en dos sistemas de manejo, cafetal con sombra, cafetal a exposición y como testigo se utilizó relictos de bosques. Se establecieron 45 sitios de muestreo seleccionados al azar, 5 por finca cada uno de 1 m² en los cuales se realizó colecta manual y con trampas winkler, como también muestreos en el cafeto ubicado en la unidad. El material colectado se contabilizó y clasificó taxonómicamente a nivel de género.

¹ Artículo científico presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño para optar el título de Ingeniero Agroforestal.

² Estudiante Tesista. 2014. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. E-mail: jamer1992@hotmail.com

³ Estudiante Tesista. 2014. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. E-mail: maet_1988@hotmail.com

⁴ Ph. D. Docente asociado Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. E-mail: titobacca@gmail.com

Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey para abundancia, riqueza y diversidad por muestreos y sistemas, además se generaron curvas de acumulación de especies. El sistema café con sombra registró la mayor abundancia con 657 individuos, que representa el 53,02% del total de los individuos colectados. El café con sombra registró la mayor riqueza con 9 géneros, en comparación con el café sin sombra que registró 5 géneros y 396 individuos. La diversidad estimada con base al índice de Margalef presentó diferencias altamente significativas para el muestreo 3 en el sistema café con sombra, en cuanto a las curvas de acumulación de especies indican que se presentaron deficiencias en el esfuerzo de muestreo representando por porcentajes menores al 50 %.

Palabras Clave: Hormigas, SAF's, Riqueza, Abundancia, Diversidad.

ABSTRACT

We assessed the abundance, richness and diversity of the myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) associated with coffee (*Coffea arabica* L.) in the village of San Antonio, corregimiento of the Caldera (Pasto), geographically located between latitude 1 ° 20 '7.13 "N and longitude 77 ° 19 '6.37 "O, in the months of April to August of 2013, performing a sampling per month. We selected 6 farms classified in two types of management systems, coffee plantation with shadow, coffee plantation to exposure and was used as a witness of relict forests. It was established 45 sampling sites selected at random, 5 per farm each of 1 m² in which manual collection was conducted with traps Winkler, as also samplings in the coffee tree located in the unit. The collected material recorded and classified taxonomically to genus level. An analysis of variance was performed and a test for comparison of means of Tukey for abundance, richness and diversity by sampling and systems, in addition were generated accumulation curves of species. The coffee system with shadow register the highest abundance with 657 individuals, which represents 53.02 % of the total of the individuals collected. The coffee with shadow register the greater wealth with 9 genres, in comparison with the coffee without shade that register 5 genera and 396 individuals. The diversity estimated on the basis of the index of Margalef presented highly significant

differences for the sampling system 3 in the shade coffee, in regard to the accumulation curves of species indicate that there were deficiencies in the sampling effort represented by percentages less than 50 %.

Keywords: Ants, SAF's, Wealth, Abundance, Diversity.

INTRODUCCIÓN

Las hormigas formicidae se han constituido en los últimos años en unos de los grupos más estudiados y diversos en regiones tropicales, además de ser un grupo abundante, fácil de estudiar y con las características indispensables para ser un indicador biológico (Jaffé *et al.*, 1993); esta familia es importante en aquellos ecosistemas que han sido modificados por acción del hombre (Brown, 1989) además cumplen muchas funciones en la naturaleza, se encuentran en diversos estratos donde localizan sus nidos, dándoles la característica de poder alimentarse en forma variada y asociada a especies de plantas y animales (Davidson y Mc.key, 1993).

Teniendo en cuenta la importancia de los formícidos y las funciones que cumplen dentro de los ecosistemas resulta preocupante saber que con la reducción de la sombra en los sistemas ganaderos, agrícolas y cafeteros, reemplazando sistemas de alta diversidad biológica por ambientes pobres, que proporcionan pocos hábitats se ha reducido la fauna benéfica para el agricultor (Beer *et al.*, 1988). Los agroecosistemas de Café (*Coffea arabica* L.) se destacan por su potencial de conservación, los residuos de cosecha constituyen una importante fuente de biomasa para varios organismos, contribuyen a la protección contra la erosión y a rápida esorrentía y a la conservación de los nutrientes y la materia orgánica del suelo; pero la intensificación del cultivo de café se elimina la biodiversidad y limita la funciones del ecosistema (Moguel y Toledo, 1999).

Los cafetales bajo sombra mantienen características biológicas y ambientales similares a la vegetación original (Nair, 1993), estos presentan un suministro de hábitats y recursos para organismos que en ellos conviven, mantienen la conectividad de los paisajes y disminuyen los efectos sobre fragmentos de bosques aledaños (Vargas y Sotomayor, 2004), estos

mantienen una relación estrecha entre conservar y producir, por eso son considerados reservorios de diversidad a nivel regional que aportan al mejor funcionamiento de los agroecosistemas (Pineda *et al.* 2005) .

Los formícidos son considerados sensibles a los cambios en el ambiente, son diversos taxonómicamente y predominan en la mayoría de hábitats, además son de fácil colecta e identificación, son utilizados en investigaciones de diversidad (Schmidt y Diehl, 2008), igualmente son estudiados en aquellos sistemas de producción agrícola que han sido perturbados con prácticas como la fertilización y las quemas (Folgarait, 1998).

Las hormigas presentan características de un buen taxón, indicador útil para análisis biogeográfico y ecológico: 1) El conocimiento y diversidad taxonómica, 2) La importancia funcional en un ecosistema y 3) La fidelidad ecológica (Aldana y Chacón, 1999).

Dada la importancia de este taxón en los diferentes sistemas de producción agrícolas por su papel como indicadoras de biodiversidad, los objetivos de esta investigación fueron: evaluar la riqueza, abundancia y diversidad de la mirmecofauna asociada a café (*coffea arabica* l.) en la vereda San Antonio, corregimiento La Caldera, municipio de Pasto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se realizó en la vereda San Antonio, corregimiento de La Caldera, municipio de Pasto, ubicada en el departamento de Nariño a 30 km de la ciudad de Pasto, con una temperatura promedio de 23 °C y una altura de 1.900 msnm (IDEAM, 2012), donde se localizaron las fincas y se recolectaron las muestras de mirmecofauna. La fase de identificación se realizó en el laboratorio de entomología de la Universidad de Nariño, ubicado a 2.600 msnm, y una temperatura promedio de 20° C, donde se procedió con la identificación taxonómica del material obtenido en campo.

Selección de fincas

Se seleccionaron 6 fincas (Cuadro 1) teniendo en cuenta el nivel de manejo, complejidad vegetal y estructural, bajo dos sistemas de manejo de sombras, las tres primeras

consistieron en un cafetal con sombra poligenérica (cafetal con diferentes especies de árboles de sombrío), las tres restantes correspondieron a cafetal sin sombra de árboles o monocultivo de sol (café a plena exposición) y tres relictos de bosque cercanos a la zona de estudio que constituyeron el testigo asumiendo que representan la vegetación natural de la zona.

Cuadro 1. Características de las fincas cafeteras seleccionadas, vereda San Antonio, Corregimiento de La Caldera, municipio de Pasto. 2014.

CARACTERÍSTICAS	FINCAS					
	1	2	3	4	5	6
Nombre	Samaria 2	Arrayanal	El Cafetal	El Plan	La Ladera	El Cabuyal
Localización	Vereda San Antonio					
Extensión (ha)	3	2	5	2	2	1
Altura (msnm)	2020	2010	2010	2026	1985	2000
Pendiente (%)	25	10	5	5	30	10
Variedad	Castilla	Caturra	Castilla	Caturra	Castillo	Castillo
Edad cultivo (años)	4	4	4	5	1	1
Distancias de siembra (m)	1 x 1.50	1 x 1	1.50 x 1.50	1 x 1.30	1.80 x 1.80	1.50 x 1.50
Altura plantas (m)	1.80	1.80	1.80	2.20	1.10	1.10
Sombra (%)	50	70	65	0	0	0

Muestreo en campo

Cada unidad de muestreo (UM) en el cultivo de café y bosque, se constituyó de una parcela de un metro cuadrado; se tomaron muestras en los meses de abril a agosto del 2013, época que coincide con la disponibilidad de todas las estructuras (flores, frutos, hojas) en la planta de café. En cada unidad se realizó: (1) captura manual de hormigas por 20 minutos; (2) inspección de ramas, troncos y hojarasca; (3) cernido del material de hojarasca encontrado en la UM (1 kg).

Para el cernido de la hojarasca se utilizó trampas winkler, cada exposición con una duración de 48 horas. El esfuerzo de muestreo se calculó en un total de 2160 horas, repartidas en 720 horas para cada tratamiento.

TRABAJO EN LABORATORIO

Las hormigas se conservaron en viales individuales con alcohol al 70% debidamente rotuladas. Los individuos colectados se determinaron a nivel taxonómico de género, utilizando las claves recopiladas por Fernández y Palacio (2006). Las muestras fueron enviadas a la Universidad del Valle donde con la colaboración de Gustavo Adolfo Zabala Echavarría¹, se corroboró la identificación del material.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Comportamiento de los géneros en los tratamientos.

Para este estudio se analizó la sensibilidad de los géneros por tratamiento, la riqueza esperada y el esfuerzo de muestreo, generando diferentes curvas de acumulación de especies utilizando el programa ESTIMATE 9 (Cowell, 1997). Las curvas de acumulación toman los datos provenientes de un sistema de muestreo estandarizado, aleatoriza toda la información y realiza cálculos del número de géneros observado y esperado utilizando estimadores no paramétricos que permiten determinar el comportamiento de estos en un área determinada y en función del esfuerzo que se realiza para encontrarlos (Colwell y Coddington, 1994). Se utilizaron los estimadores no paramétricos (Chao 1 y 2, Jack 2) basados en la incidencia (presencia o ausencia) de las especies.

a. Índices de diversidad.

Índice de Simpson:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde: p_i = abundancia proporcional del género de hormigas i , es decir, el número de individuos de cada género dividido entre el número total de individuos de la muestra (Muñoz y Villota, 2013).

Índice de Shannon-Wiener:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

El índice de Shannon (H'), contempla la cantidad de géneros de hormigas presentes en el área de estudio (riqueza), y la cantidad relativa de individuos de cada una de estos géneros (abundancia) (Muñoz y Villota, 2013).

¹ Integrante del grupo de Investigación Biología, Ecología y manejo de hormigas del Departamento de Ecología de la Universidad del Valle,

Índice de Margalef:

$$DMg = (S - 1) / \ln N$$

El índice de Margalef transforma el número de especies por muestra a una proporción en la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. (Magurran, 1988.)

Índice de Brillouin:

$$HB = \ln N! - \sum \ln Ni! / N$$

Asume que toda la población ha sido muestreada; predice como es tan representadas las especies con case en la relación ente le número total de individuos de todas las especies y el número de individuos de cada especie (Álvarez *et al.*, 2006).

b. Comparación de los tratamientos.

Se realizó un análisis de varianza para las variables evaluadas (Índice de Simpson, Índice de Shannon - Wiener), para la separación de promedios se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey, además se determinaron los índices de diversidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Abundancia

Se colectó un total de 1239 individuos pertenecientes a 12 géneros agrupados en 5 subfamilias (Cuadro 2), Fernández (2003), afirma que en el listado sistemático preliminar de hormigas de Colombia, que registran 990 especies y 91 géneros.

Cuadro 2. Relación de abundancia en los sistemas de café (*Coffea arabica* L.) y bosque en la vereda San Antonio, Corregimiento de La Caldera, municipio de Pasto. 2014.

FAMILIA	SUBFAMILIA	GENERO	SISTEMAS PRODUCTIVOS			TOTAL	Porcentaje
			Café con sombra	Café sin sombra	Bosque		
Formicidae	Dolichoderinae	<i>Linepithema</i>	601	320	70	991	80%
	Ponerinae	<i>Hypoconera</i>	1	36	19	56	4,50%
		<i>Pachycondyla</i>	0	0	1	1	0,08%
	Myrmicinae	<i>Pheidole</i>	16	0	0	16	1,29%
		<i>Cyphomyrmex</i>	0	0	5	5	0,40%
		<i>Cardiocondyla</i>	0	6	0	6	0,48%
		<i>Crematogaster</i>	10	0	0	10	0,80%
		<i>Eurhopalothrix</i>	2	0	0	2	0,16%
		<i>Solenopsis</i>	3	0	0	3	0,24%
	Ecitoninae	<i>Labidus</i>	18	30	74	122	9,80%
	Formicinae	<i>Camponotus</i>	4	0	0	4	0,32%
		<i>Myrmelachista</i>	2	4	17	23	1,85%
TOTAL			657(53,02%)	396(31,96%)	186(15%)	1239	100%

Los géneros más abundantes y representativos fueron *Linepithema* con 80 % del total de individuos capturados, *Labidus* con 9,8 % seguida de *Hypoconera* con un 4,5 %. En este estudio se puede observar una alta presencia del género *Linepithema*, resultado que concuerda con lo obtenido por Gallego *et al.*, (2009) donde encontraron mayor abundancia y dominancia de este género en cafetales con sombra con 198 individuos colectados.

Linepithema es uno de los géneros de la subfamilia Dolichoderinae, Fuster (2011), afirma que los géneros de esta subfamilia son omnívoros, se pueden encontrar en la superficie del suelo forrajeando en búsqueda de alimento, su principal fuente son los artrópodos muertos y exudados de plantas, también pueden anidar en distintos lugares, desde suelos desprotegidos, madera y el dosel de los árboles; formando colonias de pocos hasta miles de individuos. Este género es considerado generalista, oportunista y muy abundante en áreas abiertas, en esta investigación se encontró que es el género dominante en los cafetales y bosques estudiados. Valenzuela *et al.*, (2008), expresa que cuando el género tiende a ser abundante, desarrolla todas las características para convertirse en una plaga importante.

Para el cafetal con sombra se presentó el mayor número de individuos (Cuadro 2). Los sistemas agroforestales se constituyen en ecosistemas complejos que guardan características ecológicas de los bosques que les dieron origen. En particular, los cafetales de manejo tradicional donde los arbustos de café crecen bajo la sombra de vegetación arbórea, han sido señalados como sitios más propicios para la conservación de la diversidad biológica que otro tipo de cultivos (Moguel y Toledo, 1999).

La abundancia de hormigas se ve directamente afectada por el manejo de los sistemas de producción, aquellas prácticas que promueven la disminución del uso de agroquímicos, acumulación de hojarasca y eliminación de quemas, favorecen la disponibilidad de alimentos y sitios donde anidar contribuyendo así a una mayor presencia de comunidades de hormigas (Ramírez *et al.*, 2004).

Perfecto *et al.*, (1997), manifiesta que los sistemas agroforestales poseen características similares a los ecosistemas naturales propios, la presencia del componente arbóreo y estructuras vegetales complejas, conllevan a una complejidad de la mirmecofauna asociada.

Es importante la presencia de hormigas en estos sistemas ya que se ha demostrado que estas realizan múltiples funciones ecológicas que ayudan a estabilizar los hábitats, mantener en equilibrio la filtración del agua y la productividad del suelo (Sanford y Murphy, 2008).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Tukey para abundancia de mirmecofauna en los tres sistemas, vereda San Antonio, corregimiento de La caldera, municipio de Pasto, 2014.

TRATAMIENTO	PROMEDIO DE HORMIGAS ± ERROR ESTANDART				
	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREO 3	MUESTREO 4	MUESTREO 5
Bosque	16.16 ± 2.52 a	1.70 ± 0.48 a	2.40 ± 0.43 a	1.50 ± 0.50 a	2.50 ± 1.07 a
Café con sombra	1.55 ± 0.37 b	1.97 ± 1.06 a	0.88 ± 0.17 a	3.06 ± 0.83 a	2.11 ± 1.24 a
Café sin sombra	4.71 ± 0.21 b	2.75 ± 0.92 a	2.57 ± 0.43 a	1.50 ± 0.50 a	3.08 ± 0.81 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Según el análisis de varianza para el muestro 1 se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,003$). La comparación de medias de TUKEY indica que para el muestreo 1 en el bosque se presentó una mayor abundancia que en cafetales con sombra y cafetales sin sombra con respecto a los demás muestreos. Los resultados encontrados en el muestreo 1, coincidieron con una época de lluvias lo que pudo influir en la mayor presencia de hormigas, con respecto a los otros sistemas.

Para los muestreos 2, 3, 4, 5 no se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0,62$; $p < 0,052$; $p < 0,41$; $p < 0,85$, respectivamente), estos coincidieron con una época de sequía lo cual pudo influir en el menor registro de individuos. Al respecto Estrada y Fernández (1998) encontraron que condiciones como temperatura, largos periodos de sequía o lluvia y complejidad estructural del bosque, pueden determinar la cantidad y facilidad de presencia de nidos de formicidae. Al presentarse épocas de sequía y en aquellos cultivos anuales o perennes como lo encontrado por Carrol y Risch (1983), el suelo se convierte en un ambiente inhóspito para la mayoría de las especies de hormigas, sin hierbas y hojarasca, la temperatura del suelo se eleva y la humedad disminuye, lo que limita la actividad de forrajeo de las hormigas y por ende su captura.

Rodriguez *et al.*, (2010), no encontraron diferencias altamente significativas para abundancia de formicidae ($p = 0,221$) en los meses donde realizaron los muestreos.

Cuadro 4. Relación de abundancia obtenida por muestreos de mirmecofauna, vereda San Antonio, corregimiento de La Caldera, municipio de Pasto, 2014.

Variable/Muestreo	Abundancia (N° de individuos)
Muestreo 1	332
Muestreo 2	230
Muestreo 3	180
Muestreo 4	249
Muestreo 5	248

En el muestreo 1 se colectaron 332 individuos, de los cuales 70 corresponden al tratamiento Sombra, 154 y 108 para los tratamientos sin sombra y bosque respectivamente.

La mayor abundancia de hormigas se registró en el muestreo 1, este resultado estuvo influenciado por factores climáticos como la precipitación pluvial, la cual incrementa la humedad del suelo, condición que es favorable para el desarrollo de los microhábitats de hormigas. Levings (1983), afirma que otros factores que influyen, son la cantidad de hojarasca, la composición florística y la estructura de los sistemas.

Al respecto Torres (1984), manifiesta que las formicidae se ven altamente influenciadas por el microclima, en especial por la temperatura, que altera la composición química del suelo y limita la selección de hábitats por géneros que son poco tolerantes a este tipo de modificaciones.

Composición Florística

Las especies más representativas presentadas en el sistemas cafetales con sombra fueron *Inga codonanta* y *Coridia alliadora* (Cuadro 5), que proporcionan un mayor cubrimiento al suelo, permitiendo la conservación de la humedad y la presencia de nutrientes para el desarrollo de las plantaciones de café.

Cuadro 5. Composición florística encontrada en los sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) vereda San Antonio, Corregimiento de La Caldera, municipio de Pasto. 2014.

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	CAFÉ CON SOMBRA	CAFÉ SIN SOMBRA
Naranja	<i>Citrus sinensis</i> L	x	
Limón	<i>Citrus limon</i>	x	x
Mandarina	<i>Citrus nobilis</i>	x	
Guamo	<i>Inga codonantha</i>	x	x
Aguacate	<i>Persea americana</i>	x	
Nogal cafetero	<i>Cordia alliodora</i>	x	
Banano	<i>Musa acuminata</i>	x	x

El Servicio de Conservación de Recursos Naturales Área del Caribe (2012) afirma que la combinación de arbustos de café y árboles que proveen sombra, contribuye a la formación de bosques secundarios, que brindan beneficios ambientales, como la creación de microhábitats para la vida silvestre, protección del suelo contra la erosión, mantenimiento de aguas y como valor agregado la obtención de recursos forestales que le generan ingresos adicionales al productor. Los cafetales de sombra son importantes para preservar la presencia de hormigas, contribuyen a conservar géneros que solo se presentan en bosques o vegetación natural (Rivera y Armbrrecht, 2005).

Riqueza

En términos de riqueza a nivel general se encontraron 12 géneros correspondientes a 5 subfamilias y distribuidos así: 9 géneros en cafetales con sombra, 5 géneros en cafetales sin sombra o monocultivos y 6 géneros en los relictos de bosque (Cuadro 7).

Cuadro 6. Análisis de varianza para muestreos de Riqueza de géneros, vereda San Antonio, corregimiento de La Caldera, municipio de Pasto, 2014.

Muestreo	F.V.	SC	gl	CM	F	Pr > F
1	MODELO	10,88	2	5,44	3,27	0,10 ^{ns}
	Error	10	6	1,66		
	Total	20,88	8			
2	MODELO	2	2	1	0,75	0,51 ^{ns}
	Error	8	6	1,33		
	Total	10	8			
3	MODELO	0,66	2	0,33	0,6	0,57 ^{ns}
	Error	3,33	6	0,55		
	Total	4	8			
4	MODELO	0,22	2	0,11	0,33	0,72 ^{ns}
	Error	2	6	0,33		
	Total	2,22	8			
5	MODELO	0,66	2	0,33	0,6	0,57 ^{ns}
	Error	3,33	6	0,55		
	Total	4	8			

Ns: No presenta diferencias significativas

En términos de riqueza con respecto al análisis de varianza se encontró que para la variable muestreos no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,10$; $p < 0,51$; $p < 0,57$; $p < 0,72$; $p < 0,57$ respectivamente). Este resultado concuerda con el obtenido por Estrada y Fernández (1998), donde no encontraron diferencias en la riqueza de especies entre sistemas con diferentes grados de perturbación.

Resultado que pudo verse influenciado por la poca utilización de métodos de colecta, al respecto Álvarez *et al.*, (2006), menciona que combinar diferentes métodos de captura conlleva a la recolección de un mayor número de individuos, ya que las obreras (hembras ápteras) se encuentran desde el subsuelo hasta las copas de los árboles. Los mismos autores proponen que el uso de trampas de caída y cebos es eficiente para capturar principalmente fauna en el suelo y sotobosque.

Cuadro 7. Relación de riqueza obtenida en cantidad de géneros. Vereda San Antonio, corregimiento de La caldera, municipio de Pasto. 2014.

TRATAMIENTO	N° DE GÉNEROS
CAFÉ CON SOMBRA	9
CAFÉ SIN SOMBRA	5
BOSQUE	6

El cafetal con sombra presentó la mayor riqueza con 9 géneros, Rivera y Ambrecht (2005), encontraron que los cafetales orgánicos de sombra poligenérica contenían mayor riqueza de especies de hormigas que los cafetales de monocultivos, así mismo concluye que un manejo agrícola ambientalmente amigable, como el cafetal orgánico de sombra diversa, se constituye en una matriz favorable para la biodiversidad de hormigas. Igualmente Gallego *et al.*, (2009), obtuvo que las fincas con sombra de árboles presentaron la mayor riqueza de hormigas en comparación con monocultivos de café (*Coffea arábica* L.).

Analizando la diversidad en términos de riqueza, se observa que cafetal con sombra es el que presentó una mayor concentración en cantidad de géneros, en comparación los parches de bosque, difiriendo de lo que se espera ocurra con las hormigas ya que como afirman Perfecto *et al.*, (1997), las hormigas tienden a disminuir en diversidad a medida que aumenta la intensidad de manejo.

Al comparar los dos sistemas cafeteros y el bosque no se encontraron diferencias significativas, pero se puede observar como a medida que aumenta la complejidad arbórea, se incrementa la riqueza de géneros. Majer y Beeston (1996) afirman que con el aumento de la complejidad estructural en los sistemas de producción y los bosques, se crean también más sitios de anidamiento y forrajeo para que se desarrollen las hormigas.

La diferencia en composición de géneros de hormigas entre el bosque y los otros lugares de estudio, indica como una perturbación, sea leve o severa, o no se haya realizado demasiados cambios en el mismo, pueden alterar el equilibrio que guardan las especies que habitan los bosques primarios o aquellos cultivos donde se maneja diversidad de especies florísticas. Greenslade y Greenslade (1977), obtuvieron un resultado similar, donde

argumentan que después de una perturbación, aunque la vegetación se estabilice o en el caso del café con sombra trate de simular un ambiente adecuado para la conservación de la biodiversidad, las hormigas tardan en adaptarse a estos cambios.

La diversidad en los relictos de bosque no fue la esperada, el resultado puede atribuirse a que eran pequeños en extensión, además de ser secundarios relativamente jóvenes y preservados por los agricultores por que representan una fuente natural para la conservación del agua

Las hormigas han sido estudiadas en ambientes diferentes rurales, la respuesta en cuanto a estudios relacionados con la agricultura, ganadería y pastoreo es distinta, mientras algunos afectan la diversidad y riqueza, otros no muestran ningún efecto (Rivera *et al.*, 2005 y Whitford *et al.*, 1999).

Diversidad

Esta variable se evaluó a través de los índices de diversidad de especies de Shannon - Wiener, Simpson, Margalef y Brillouin, con los resultados se realizó las comparaciones correspondientes a cada uno de los tratamientos.

El índice ecológico muestra comunidades con diversidad baja ($H' < 1,4$). Este resultado coincide con el encontrado por Gonzáles *et al.* (2013), donde observó bajos niveles de diversidad en sistemas agroforestales de Tabasco, México con una diversidad de $H' < 1.8$. Comparando estos valores con los estudiados por Solís (2009), en bosques tropicales donde obtuvieron diversidad de ($H' \geq 2.91$) y los que encontraron Muñoz y Villota (2013), en sistemas de producción de café en el municipio de La Unión (Nariño – Colombia) con valores de $H' \geq 1.6$ resaltando una alta diversidad. Los valores bajos de diversidad se pueden atribuir a la intervención por parte del hombre para el aumento de la producción de sus cultivos, induciendo así a la pérdida del hábitat original.

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Tukey para índices de diversidad, vereda San Antonio, corregimiento de La caldera, municipio de Pasto, 2014.

Muestreo	Tratamiento	Promedio índices \pm Error Estándar			
		Shannon - Wiener	Simpson	Margalef	Brillouin
1	Café con sombra	0,78 \pm 0,08 a	0,48 \pm 0,03 a	0,62 \pm 0,13 a	0,66 \pm 0,07 a
	Café sin sombra	0,33 \pm 0,04 a	0,18 \pm 0,03 a	0,23 \pm 0 a	0,30 \pm 0,04 a
	Bosque	0,91 \pm 0,30 a	0,48 \pm 0,13 a	0,82 \pm 0,29 a	0,80 \pm 0,27 a
2	Café con sombra	0,69 \pm 0,27 a	0,38 \pm 0,22 a	0,84 \pm 0,11 a	0,53 \pm 0,17 a
	Café sin sombra	0,54 \pm 0,08 a	0,30 \pm 0,02 a	0,45 \pm 0,14 a	0,47 \pm 0,07 a
	Bosque	0,66 \pm 0,02 a	0,46 \pm 0,02 a	0,50 \pm 0,05 a	0,49 \pm 0,04 a
3	Café con sombra	0,83 \pm 0 a	0,4734 \pm a	0,77 \pm 0 b	0,64 \pm 0 a
	Café sin sombra	0,67 \pm 0,25 a	0,2 \pm 0,05 a	0,27 \pm 0,01 a	0,30 \pm 0,07 a
	Bosque	0,61 \pm 0 a	0,42 \pm 0 a	0,38 \pm 0 a	0,50 \pm 0 a
4	Café con sombra	0,33 \pm 0,26 a	0,21 \pm 0,18 a	0,28 \pm 0,04 a	0,29 \pm 0,22 a
	Café sin sombra	0,32 \pm 0 a	0,17 \pm 0 a	0,24 \pm a	0,29 \pm a
	Bosque	0,50 \pm 0,05 a	0,32 \pm 0,04 a	0,63 \pm 0,08 a	0,32 \pm 0,02 a
5	Café con sombra	0,34 \pm 0,26 a	0,22 \pm 0,19 a	0,33 \pm 0,10 a	0,26 \pm 0,20 a
	Café sin sombra	0,48 \pm 0 a	0,30 \pm 0 a	0,23 \pm 0 a	0,45 \pm 0 a
	Bosque	0,55 \pm 0,12 a	0,37 \pm 0,11 a	0,45 \pm 0,06 a	0,42 \pm 0,08 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

El análisis de varianza reflejó que para el muestreo 3 se presentaron diferencias estadísticas significativas para el índice de Margalef ($p < 0,0092$). La prueba de medias de comparación de Tukey indica que existieron diferencias significativas para el índice de Margalef en el muestreo 3, cafetal con sombra presentó mayor riqueza que cafetales sin sombra y bosques. Para los muestreos 1, 2, 4 y 5 no se presentaron diferencias estadísticas para ninguno de los índices.

Armbrecht y Chacón (1999), señalan que la desfragmentación de los hábitats naturales lleva a una declinación del espacio disponible para fauna silvestre y una pérdida de especies. La situación de la diversidad empeora con la intensificación de los sistemas agrícolas, como se ha demostrado en Colombia en bosques secos y en las zonas cafeteras.

Cuadro 9. Conteo de géneros por tratamiento, individuos y géneros exclusivos por tratamiento, vereda San Antonio, corregimiento de La caldera, municipio de Pasto, 2014.

TRATAMIENTO	N° de Géneros	N° Individuos	Géneros exclusivos
Cafetal con sombra	9	657	5
Cafetal a exposición	5	396	1
Bosque	6	186	2

El cafetal con sombra tuvo más géneros propios (*Camponotus*, *Crematogaster*, *Eurhopalothrix*, *Pheidole*, *Solenopsis*) que el cafetal sin sombra y los bosques, demostrando el grado de perturbación e intervención que presenta esa clase de sistemas. Aunque en este estudio el bosque obtuvo solo dos géneros exclusivos (*Cyphomyrmex*, *Pachycondyla*), es importante resaltar que el bosque actúa como un reservorio de diversidad dentro de un agro-ecosistema, y que los géneros que él contiene podrían estar en flujo continuo con los sistemas que lo rodean. Al tener un sistema más heterogéneo como el café con sombra, dichas especies podrían encontrar mayor oferta de alimento y refugio, y tener la oportunidad de aumentar sus poblaciones al colonizar otros hábitats. Ambrecht y Chacón (1999), encontraron que en La Hacienda El Hatico – Valle del Cauca, al comparar la riqueza entre bosques y sistemas aledaños, los Sistemas Silvopastoriles fueron los que presentaron mayor riqueza frente a otros bosques estudiados.

Curvas de acumulación de especies

Con base en matrices de presencia/ausencia para los tres sistemas evaluados se realizaron curvas de acumulación de especies con el fin de determinar la eficiencia del muestreo teniendo en cuenta tres estimadores no paramétricos, Chao 1, Chao 2 y Jack 2 en comparación con los géneros observados.

Cuadro 10. Número de géneros colectados, esperados y porcentaje de eficiencia de muestreo para los tratamientos cafetal con sombra, cafetal sin sombra y bosque, calculado por estimadores no – paramétricos. Vereda San Antonio, corregimiento de La caldera, municipio de Pasto, 2014.

TRATAMIENTO	ESTIMADOR	GENEROS COLECTADOS	GENEROS ESPERADOS	GENEROS ADICIONALES POR ENCONTRAR	EFICIENCIA DEL MUESTREO
Cafetal con sombra	Chao 1	9	22	13	40,9%
Cafetal con sombra	Chao 2	9	38	29	23,7%
Cafetal con sombra	Jack 2	9	54	45	16,7%
Bosque	Chao 1	6	12	6	50%
Bosque	Chao 2	6	18	12	33,3%
Bosque	Jack 2	6	25	19	24%
Cafetal sin sombra	Chao 1	5	10	5	50%
Cafetal sin sombra	Chao 2	5	14	9	36%
Cafetal sin sombra	Jack 2	5	21	16	24%

Los estimadores para el tratamiento cafetal con sombra indican que la eficiencia de muestreo no fue la necesaria, con 40,9 % para Chao 1, 23,7 % para Chao 2 y 16,7 % para el estimador Jack 2 (Cuadro 10). Según los estimadores para este tratamiento se esperaba encontrar aproximadamente entre 22 y 54 géneros.

Para bosques se obtuvo valores de 50 % para Chao 1, 33,3 % para Chao 2 y 24 % para Jack 2. Igualmente se evidencia que el esfuerzo de muestreo debió ser mayor, ampliando el tiempo para la toma de datos, se predice que para este sistemas se debieron encontrar entre 12 y 25 géneros (Cuadro 10).

Porcentajes de 50 para el estimador Chao 1, 36 para Chao 2 y 24 % para Jack 2 (Cuadro 8) se obtuvieron en el sistema Café sin sombra demostrando que el esfuerzo de muestreo debió ser mayor. Álvarez *et al* (2006), afirma que si las curvas de acumulación indican un porcentaje mayor al 85 de las especies esperadas, denota un buen porcentaje de acumulación.

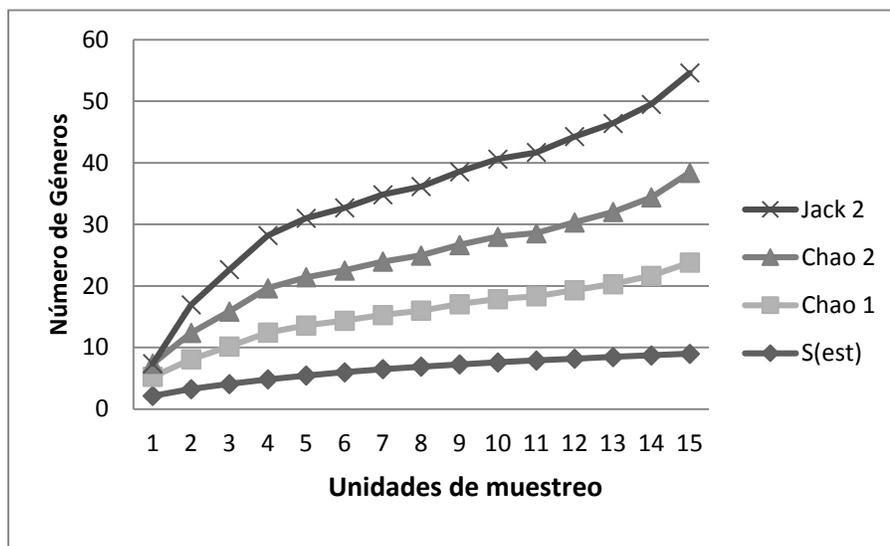


Grafico 1. Curva acumulación de géneros para el sistema Café con sombra, vereda San Antonio, corregimiento La Caldera, municipio de Pasto, 2014.

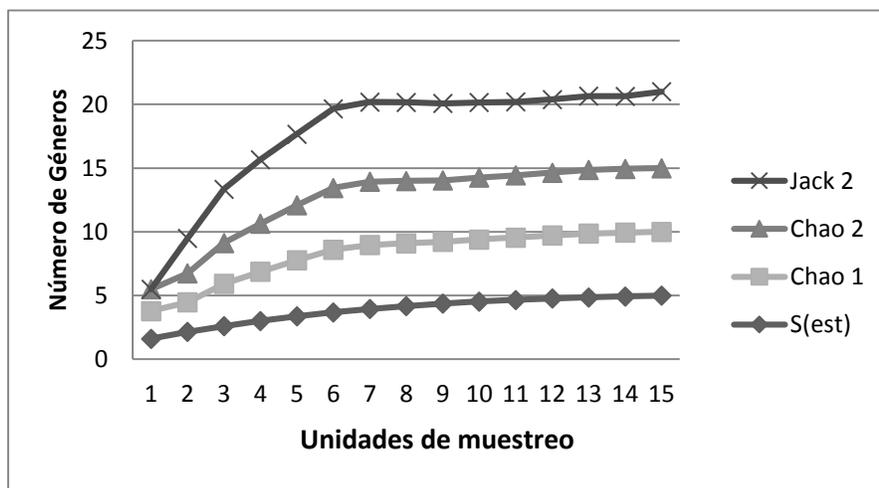


Grafico 2. Curva acumulación de especies para el sistema Café sin sombra, vereda San Antonio, corregimiento La Caldera, municipio de Pasto, 2014.

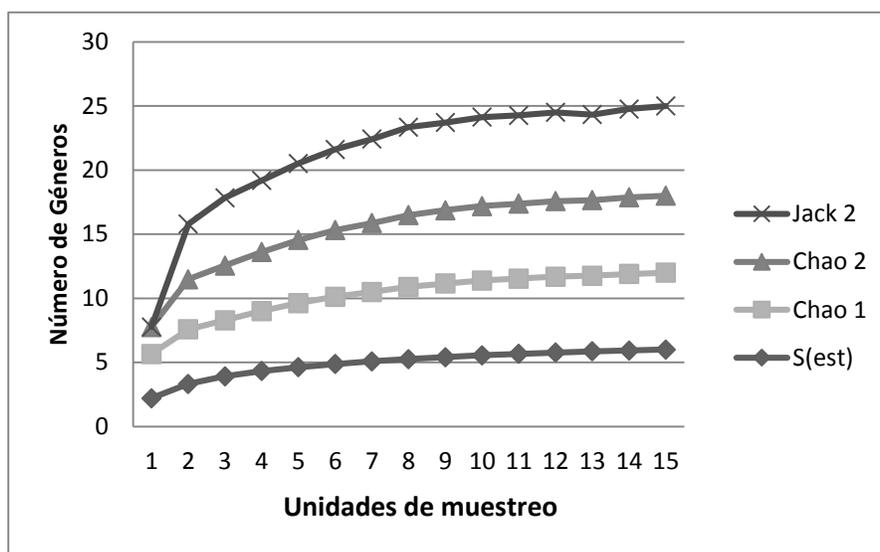


Grafico 3. Curva acumulación de especies para bosques, vereda San Antonio, corregimiento La Caldera, municipio de Pasto, 2014.

Con los resultados obtenidos se evidencia que dentro cada de los tratamientos existen géneros sin registrar, esto pudo deberse a que muchos de ellos se caracterizan por tener hábitos alimenticios diferentes, o que su presencia dentro de las comunidades no es constante; siendo así se requiere de métodos que no solo evalúen las superficies del suelo sino aquellos que capturen en estratos hipógeos y arbóreos.

Jiménez y Hortal (2003), asegura que en los estudios realizados hasta el momento no se han obtenido curvas de acumulación que logren un 100% de estimación. Esto se atribuye a que las poblaciones tienen un comportamiento diferente, para obtener este tipo de resultados es necesario ampliar el área y el tiempo de muestreo, para poder encontrar altas cantidades de géneros.

CONCLUSIONES

Los cafetales con sombra son importantes para la conservación de la diversidad de hormigas, el sistema café bajo sombra presentó la mayor abundancia (657 individuos), la mayor riqueza (9 géneros) y diversidad de Margalef ($DMg = 0,7797$).

El cafetal con sombra obtuvo el mayor número de géneros exclusivos (5 géneros), hecho que demuestra la importancia que ejerce la implementación de sistemas agroforestales para la conservación de la diversidad.

Las curvas de acumulación de especies no presentaron un comportamiento asintótico para ninguno de los sistemas, infiriendo que para este tipo de investigaciones se debe realizar un mayor esfuerzo de muestreo.

Este trabajo es una aproximación al estudio y conocimiento de la diversidad de hormigas en sistemas cafeteros en el departamento de Nariño, muchas otras regiones dentro de este faltan por estudiar, haciendo probable que la abundancia, riqueza y diversidad de estos sitios se presente de manera diferente a la registrada en esta investigación.

Las zonas que están sometidas a regeneración o modificadas en su complejidad se ven sometidas al fuerte impacto de la lluvia, el viento, así como a considerables variaciones de temperatura y humedad, que impiden el asentamiento de muchas especies de hormigas.

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor TITO BACCA IBARRA, por todo el apoyo y acompañamiento como presidente de tesis dentro del desarrollo de nuestro trabajo de grado.

Al Profesor JORGE ALBERTO VÉLEZ L, por su calidad humana, amistad, colaboración dentro de estos 5 años de formación y por su apoyo en la redacción del trabajo.

A la I.A MARÍA PINEDA por brindarnos su conocimiento, apoyo y ejemplo para salir sacar adelante este proceso.

Al Profesor GERMAN CHAVES, por su colaboración en la corrección y redacción del trabajo.

Al Biólogo GUSTAVO ZABALA, de la Universidad del Valle, por su asesoramiento en la identificación taxonómica.

A nuestros amigos e I. Af David Salazar, Jonny Naspiran y Christian Amaguaña , por su valiosa amistad y apoyo para la realización de este trabajo.

Y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación del presente trabajo. Gracias

BIBLIOGRAFÍA

Aldana, R y Chacón, P. 1999. Megadiversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la Cuenca media del río Calima. *Revista colombiana de Entomología* 25 (1-2): 37 – 47.

Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A Y Villarreal, H. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.

Armbrecht, I y Chacón , P. 1999. Rareza y diversidad de hormigas en fragmentos de bosque seco colombiano y sus matrices. *Biotropica* 31(4): 646-653.

Beer, J., Muscheler, R., Kass, D.y Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*. 38: p 139-164

Brown, K. 1989. The conservation of neotropical environments. Insects as indicators. In: *The conservation of Insects and their habitats*. 15 the Symposium of de Royal Entomological Society of London. Academic Press. London. p 68 – 70.

Carroll, C y Risch, S. 1983. Tropical annual cropping systems: ant ecology. *Environ. Manage.*, 7: 51-57 .1984. The dynamics of seed harvesting in early successional communities by a tropical ant, *Solenopsis geminata*. *Oecologia*, 61:388-392.

Davidson, D. y Mc. Key. 1993. The evolutionary ecology of symbiotic ant- plant relationships. *Journal of Hymenoptera research.* 13-83 p.

Estrada, C y Fernández, F. 1998. Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en un gradiente sucesional del bosque nublado (Nariño, Colombia). *Revista de Biología Tropical.* Pag 189 – 198.

Fernández, F. 2003. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 398 p.

Folgarait P.J. 1998 Ant biodiversity and its relations hiptoecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation.* 7:1221-1244.

Fuster, A. 2011. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae), indicadoras de perturbación en un ecosistema forestal, en el Chaco Semiárido Argentino. Facultad de Ciencias Forestales “Néstor René Ledesma”. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina.

Gallego, M., Montoya, J y Armbrecht, I. 2009. ¿Es la sombra benéfica para la diversidad de hormigas y peso del café?. Una experiencia en pescador, Cauca, Colombia. Universidad de Caldas. *Boletín científico. Museo de historia natural.*

Greenslade, P y Greenslade, P. 1977. Some effects of vegetation cover and disturbance on a tropical ant fauna. *Insect. Soc.* 24: 163-182.

González, N., Barba, E., González, G., Hernández, S y Ochoa, S. 2013. Mirmecofauna asociada con sistemas agroforestales en el corredor biológico mesoamericano en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* Universidad Nacional Autónoma de México. Vol 84, No 1.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2012. Pasto. Nariño.

Jaffe, K, Lattek y Perez, E. 1993. El mundo de las hormigas. Equinoccio Ediciones. Universidad Simón Bolívar. Venezuela. P 87.

Jiménez, A y Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. Madrid. España. Vol. 8. P 151 – 161.

Levings, S. 1983. Seasonal, annual and among-site variation in the ground ant community of a deciduous Tropical Forest: some causes of patchy species distributions. *Ecol. Monogr.* 53: 435-455.

Magurran A. 1988. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedral. Barcelona, España. 35 – 39 pp.

Majer, J y Beeston, G. 1996. The biodiversity integrity index: an illustration using ants in western Australia. *Conserv. Biol.* 1: 65-73.

Moguel, P y Toledo, M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13 (1).

Muñoz, S y Villota, T. 2013. Evaluación de macrofauna y composición florística en sistemas productivos de café (*coffea arabica* L.), municipio de La Unión, Nariño. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. p 30.

Nair, P. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. p 53-59.

Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Área del Caribe. 2012 *Manejo de Cafetales bajo Sombra*. Hoja informativa. San Juan. Puerto Rico.

Perfecto, I., Vandermeer, J., Hanson, P y Cartin, V. 1997. Arthropod diversity loss and transformation of a tropical agroecosystem. *Biodiversity and Conservation*. 6:935 – 945.

Pineda, E., Moreno, E., Escobar, F y Halfpeter, G. 2005. Frog, Bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, México. *Conservation Biology*. p 36.

Ramírez, R., Armbrrecht, I Y Enriquez, M. 2004. Importance of agricultural management for biodiversity: case of ants in sugar cañe. *Revista Colombiana de Entomología*, 30 (1):115-123.

Rivera, L y Armbrrecht, I. 2005. Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología* 31. 89 - 96.

Rivera, L., Botero, M., Escobar, S y Armbrrecht, I. 2005. Diversidad de hormigas en sistemas ganaderos En: *Ganadería del futuro, Investigación para el desarrollo*. Murgueitio E., C Cuartas & J.Naranjo (eds). Segunda edición. Fundación Cipav. Cali, Colombia.

Rodriguez, N., Carrillo, H., Rivas, P., Quiroz y Hernández, R. 2010. Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) del Jardín Botánico Ignacio Rodríguez de Alconedo de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. *Escuela de biología. Veracruz. México*. 113 – 124.

Schmidt, F y Diehl E. 2008. What is the Effect of Soil Use on Ant Communities?. *Neotropical Entomology*. 381-388.

Sanford, M. y Murphy, D. 2008. Manley Effects of Urban Development on Ant Communities: Implications for Ecosystem Services and Management. *Conservation Biology* 131–141.

Solís, C. 2009. Ensamblaje de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en fragmentos de bosque seco en el complejo carbonífero del Cerrejón (La Guajira, Colombia). *Intropica* 4:3 – 12.

Torres, J. 1984. Diversidad y distribución de comunidad de hormigas en Puerto Rico. *Biotropica*. p 23.

Valenzuela, J., Quiroz, L y Martinez, D. 2008. Hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Instituto de Ecología. México D.F. Cap 8 107 – 121.

Vargas, V. y Sotomayor, A. 2004. Modelos Agroforestales y Biodiversidad. Revista Ambiente y Desarrollo CIPM. P. 123:124.

Whitford, W., Van Zee, J., Nash, M., Smith, W y Herrick, J. 1999. Ants as indicators of exposure to environmental stressors in North American desert grasslands. Environmental Monitoring and Assessment 54, 143–171.