

**HORMIGAS ASOCIADAS A NECTARIOS EXTRAFLORALES DE *Inga* spp. EN
CAFETALES DE SOMBRA, VEREDA VILLANUEVA, POPAYÁN**

ROSA MARIA SINISTERRA RODRÍGUEZ



Universidad
del Cauca

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN - CAUCA
2011**

**HORMIGAS ASOCIADAS A NECTARIOS EXTRAFLORALES DE *Inga* spp. EN
CAFETALES DE SOMBRA, VEREDA VILLANUEVA, POPAYÁN**

ROSA MARÍA SINISTERRA RODRÍGUEZ

Trabajo de grado para optar al título de Bióloga

Directora

MARIA CRISTINA GALLEGO ROPERO, MSc.

Codirectora

INGE ARMBRECHT, PhD.

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN - CAUCA
2011**

Nota de aceptación



Director _____

Msc María Cristina Gallego Roper

Jurado _____

Msc Giselle Zambrano González

Jurado _____

PhD Apolinar Figueroa Casas

Popayán, 15 de Febrero de 2011

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios y a mis profesoras María Cristina Gallego Roperó, directora de la tesis e Inge Ambrecht, co directora por su tiempo, apoyo durante la realización de este proyecto.

Gracias a todos los integrantes del grupo de hormigas de la Universidad del Valle por su colaboración en la identificación del material colectado.

Al Museo de Entomología de la universidad del Valle, en particular a las curadoras del museo y al profesor James Montoya por permitirme el acceso a este lugar.

A la universidad del Cauca y al personal de laboratorio de docencia por permitirme la utilización de los equipos y al Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca, en particular a su directora, la profesora María del Pilar Rivas.

A don Juan con su familia y a Doña Olga y familia por permitirme el acceso a sus predios para realizar esta investigación.

A Yamid Mera por colaborarme en campo y con ideas para la elaboración del documento escrito.

A mis amigos, compañeros y docentes que me han apoyado y brindado las herramientas necesarias durante este proceso de formación profesional y personal.

Finalmente agradezco a mi familia a mis padres y a cada uno de mis hermanos por brindarme palabras de aliento, por apoyarme en cada momento de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE ANEXOS	8
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. OBJETIVOS.....	13
1.1. Objetivo general.....	13
1.2. Objetivos específicos	13
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Los Agroecosistemas.....	14
2.2. Interacciones plantas – hormigas.....	15
2.2.1. Estructuras para la anidación.....	16
2.2.2. Jardines de hormigas	16
2.2.3. Domacios.....	17
2.3. Estructuras nutritivas en plantas	18
2.3.1. Corpúsculos alimenticios o nutritivos.....	18
2.3.2. Nectarios extraflorales.....	19
2.4. Las leguminosas y su aporte en el agroecosistema.....	20
2.4.1. El género <i>Inga</i> : subfamilia Mimosoideae	21
2.5. Las Hormigas: Himenoptera: Formicidae	21
2.5.1. Las Hormigas y el control biológico.....	22
3. ANTECEDENTES	25
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
4.1. Área de Estudio.....	29
4.2. Métodos de muestreo	31
4.3. Análisis de resultados	33
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33

5.1. Riqueza y abundancia	33
5.2. Interacciones inter e intraespecificas.....	40
5.3. Beneficios potenciales de las hormigas.....	42
5.3.1.Control biológico: Depredación.....	42
5.3.2. Dispersión de semillas.....	47
5.3.3. Favorece el éxito reproductivo.....	48
6. CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFIA.....	51

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación sitio de estudio	30
Figura 2. Distribución de géneros y especies por subfamilia.....	34
Figura 3. Curva de acumulación de especies para cada finca.....	35
Figura 4. Riqueza de especies exclusivas y compartidas en las fincas.....	37

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo. Fotografías	
Fotografía 1. Cafetal finca el Ensueño	64
Fotografía 2. Cafetal finca el Progreso	65
Fotografía 3. Hormiga <i>Crematogaster</i> sp sobre nectario extrafloral	65
Fotografía 4. Hormiga <i>Camponotus</i> sp1 sobre nectario extrafloral	66
Fotografía 5. Hormiga <i>Nesomyrmex asper</i>	66

RESUMEN

Se identificó la comunidad de hormigas presentes en los nectarios extraflorales en 10 árboles de *Inga* spp y sobre la hojarasca en dos fincas cafeteras en la vereda Villanueva, municipio de Popayán. Se colectó con cebos arbóreos, sacos Winkler y captura manual. Se registraron 2.613 individuos distribuidos en siete subfamilias, 17 géneros y 43 morfoespecies entre el estrato arbóreo y la hojarasca. Las morfoespecies *Crematogaster* sp y *Camponotus* sp1 se encontraron sobre los nectarios extraflorales y *Hypoponera* sp, *Gnamptogenys striatula* encontradas en la hojarasca, sirven como agentes potenciales para el control biológico. Los resultados de este estudio demuestran la importancia de los árboles de guamo para el mantenimiento de las interacciones mutualistas hormiga - planta y para conservación de la diversidad.

Palabras claves: hormigas, control biológico, nectarios extraflorales, *Inga* sp.

INTRODUCCIÓN

Las interacciones ecológicas entre las plantas y hormigas son resultado de procesos evolutivos que han modelado la historia de vida de estos organismos, permitiéndoles establecer relaciones específicas de diversa índole, como depredación, competencia y simbiosis (Itino *et al.*, 2001). Estas dinámicas ecológicas de las comunidades en interacción con factores biogeográficos resultan en las distribuciones espaciales observadas en zonas tropicales (Davidson & Mckey, 1993).

Un ejemplo claro de estas interacciones, es la asociación simbiótica mutualista que se establece entre hormigas y plantas en la cual se benefician ambas. Las hormigas benefician a las plantas protegiéndolas contra herbívoros y especies vegetales invasoras, brindan a éstas nutrientes esenciales, dispersan sus semillas y en ocasiones intervienen en la polinización (Cushman & Beattie, 1991). Según Beattie (1985) las hormigas son poco eficientes en el proceso de polinización porque no poseen las características adecuadas para polinizar las plantas, falta de especificidad para la elección de flores, ausencia de adaptaciones para la polinización (pelos) y producen secreciones glandulares que inhiben el polen. Por su parte las plantas Brindan a las hormigas dos tipos de recompensa, un refugio temporal o sitio de anidación y una fuente de alimento (Cushman & Beattie, 1991; Bronstein, 1998).

Dentro de las estrategias que han desarrollado las plantas para atraer insectos, especialmente a las hormigas, se encuentran los nectarios extraflorales que son glándulas que producen secreciones con alto contenido de azúcares y no están enfocadas en la atracción de polinizadores, sino en la atracción de hormigas para que éstas las defiendan de los herbívoros (Buckley, 1987).

Otra forma de asociación indirecta de las plantas con las hormigas es a través de los homópteros. Estos insectos se alimentan succionando el floema que tiene alto contenido de azúcares y nitrógeno, por lo cual sus desechos son ricos en azúcares, del cual se alimentan las hormigas y a la vez cuidan de ellos. Pero para las plantas los beneficios de esta asociación son muy escasos, puesto que los homópteros causan pérdida de metabolitos secundarios y agua, incrementan el daño en los tejidos, además pueden ser vectores de agentes patógenos como bacterias y hongos (Buckley, 1987). Estas asociaciones se encuentran clasificadas como oportunistas, ya que cada uno de los organismos involucrados no es afectado por la ausencia del otro. En cambio existen asociaciones especializadas donde hay cierta dependencia de las partes implicadas, en éstas las plantas desarrollan estructuras especializadas como los domacios que albergan hormigas (Delabie *et al.*, 2003). Este tipo de interacción se puede observar entre la hormiga del género *Pseudomyrmex* y la planta *Acacia cornigera* (Janzen, 1966) o con el género de hormiga *Azteca* y la planta *Cecropia* (Longino, 1989).

Este tipo de interacciones son frecuentes en los bosques tropicales que son sistemas dinámicos y complejos y cubren el 7% de la superficie terrestre. En los bosques neotropicales se presenta una alta diversidad de especies vegetales y de animales vertebrados e invertebrados, biodiversidad que se ve influenciada por los gradientes ambientales de la precipitación, los factores edáficos, la latitud y la altitud; al igual que la intensidad de perturbaciones (Asquith, 2002).

Las relaciones planta-hormiga también se presentan en sistemas productivos, lo cual enriquece la complejidad de interacciones ecológicas y podría ser benéfico para el agroecosistema. Se conoce muy poco acerca de las hormigas que pueden estar asociadas a los árboles de sombra en los cafetales de Colombia. En este estudio se identifica la comunidad de hormigas presentes en los nectarios extraflorales de *Inga* sp. (Fabaceae: Mimosoideae) asociados a cultivos de café,

en la vereda Villanueva, Popayán, para reconocer la importancia de las interacciones entre las hormigas y esta especie vegetal en los agroecosistemas de cafetal como potenciales agentes de control biológico.

OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

- Evaluar algunos de los aspectos ecológicos básicos de la comunidad de hormigas presentes en los nectarios extraflorales de *Inga* sp. asociados a cultivos de café, vereda Villanueva, Popayán.

1.2. Objetivos específicos

- Estimar la riqueza y abundancia de la comunidad de hormigas presentes alrededor de árboles de *Inga* sp. y sus nectarios extraflorales en cultivos de café.
- Observar y describir interacciones intra e interespecíficas de la comunidad de hormigas en los nectarios extraflorales de *Inga* sp.
- Discutir los potenciales beneficios de las interacciones de la comunidad de hormigas asociadas a *Inga* sp. para los cafetales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Los Agroecosistemas

Los agroecosistemas han sido definidos como sistemas antropogénicos donde el hombre ha transformado la naturaleza para obtener principalmente alimentos (Sans, 2007) o pueden ser definidos como el terreno cultivado o cultivable y las plantas sembradas, así como el comportamiento del cultivo frente a las condiciones del medio ambiente (Sarmiento, 2001). Dentro de estos agroecosistemas, las plantaciones de café son muy importantes para varios países principalmente en América Latina, que son además países megadiversos como Brasil, Colombia, Costa Rica y México. Gran parte de la economía agrícola de estos países tiene como base a este producto. La forma tradicional de manejar los cafetales consistía en producir café bajo el dosel de árboles de sombrío y se dejaba la mayoría de los árboles originales y una parte de estos era reemplazada con los arbustos de café. Una modificación de este sistema de manejo es el empleo de árboles de sombra con variaciones en la diversidad florística, altura y densidad (Perfecto & Snelling, 1995; Perfecto & Armbrecht, 2003)

Varias investigaciones han puesto de manifiesto la importancia de la buena utilización de los árboles de sombrío en plantaciones de café como de cacao para el mantenimiento de las funciones del ecosistema, así como la conservación de la diversidad biológica de artrópodos principalmente hormigas, aves migratorias y residentes, y pequeños mamíferos (Perfecto *et al.*, 1996; 2003). Entre las especies empleadas como árboles de sombrío en los agroecosistemas de cafetal se encuentran principalmente las leguminosas con las especies de *Inga* sp., *Erythrina* sp. y *Gliricidia sepium*; árboles de cítricos como naranjas, limones y mandarinas;

nogal cafetero (*Cordia alliodora*), árboles frutales como aguacate, mango y bananos, y árboles maderables como el cedro (*Cedrela* sp.) (Perfecto *et al.*, 1996).

Por otra parte, la forma moderna o tecnificada consiste en plantaciones de café a plena exposición a la radiación solar con mayor densidad de plántulas de café por hectárea y la utilización de agroquímicos tipo fertilizantes e insecticidas. Esta forma de manejo afecta la biodiversidad al ocasionar la disminución de la riqueza y la abundancia de organismos, principalmente insectos, aves, anfibios y algunos mamíferos pequeños (Perfecto *et al.*, 1996).

Estudios realizados comparando las técnicas de manejo para la producción de café (Moguel & Toledo, 1999), que han sido clasificadas de acuerdo con su complejidad estructural, composición florística e intensidad de manejo en sistema rústico, sistema de policultivo tradicional, sistema de policultivo comercial, monocultivo bajo sombra especializada y monocultivo bajo sol, muestran la disminución de la diversidad de especies de hormigas y la dominancia de algunas especies en los cafetales bajo manejo intensivo, contrario a los cafetales con manejo tradicional con sombrío u orgánico, donde se presenta alta diversidad de especies de hormigas (Gallego & Armbrecht, 2005; Perfecto *et al.*, 1996) y también muestran la utilidad de algunas de estas especies en el control biológico de plagas (Ibarra-Nuñez *et al.*, 1990; Perfecto *et al.*, 1996 ; Barbera *et al.*, 2004).

2.2. Interacciones plantas – hormigas

Las interacciones entre las plantas y las hormigas han sido clasificadas en dos tipos: directas e indirectas. Dentro de las interacciones directas se encuentran las plantas que brindan a las hormigas recursos (alimentos / refugio). Este grupo está integrado por las plantas mirmecófitas que se caracterizan por presentar

estructuras especializadas para albergar hormigas (sitios de anidación) como son los domacios y los jardines de hormigas; y las plantas mirmecófitas que atraen a las hormigas al brindarle alimentos y éstas en retorno le brindan protección, dentro de estas están los nectarios extraflorales, corpúsculos alimenticios. En cambio en las interacciones indirectas interviene un tercer agente que brinda a las hormigas secreciones azucaradas. Este es el caso de los insectos homópteros (Peck, 2001; Rico-Gray & Oliveira, 2007). Este tipo de simbiosis en el trópico ha sido considerada como un clásico ejemplo de coevolución del mutualismo (Brouat *et al.*, 2001).

2.2.1. Estructuras para la anidación

2.2.2. Jardines de hormigas

El jardín de hormigas es una asociación entre plantas epífitas y hormigas arborícolas que construyen sus nidos, acumulando materia orgánica y las raíces de las plantas epífitas que ocupan el interior del nido, brindándole soporte. Estos jardines de hormigas generalmente tienen forma redonda o elipsoidal (Hölldobler & Wilson, 1990).

Las plantas epífitas mirmecófitas son generalmente abundantes y diversas a través de los trópicos y contribuyen en la formación de los jardines de hormigas principalmente en centro y sur América, donde se han descrito aproximadamente ocho familias que tienen este tipo de interacción: Araceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Gesneriaceae, Moraceae, Piperaceae, Orchidaceae y Solanaceae (Davidson, 1988). Así mismo, los géneros de hormigas neotropicales que participan en estas asociaciones son principalmente *Crematogaster*, *Solenopsis*,

Azteca, *Monacis*, y *Camponotus* al igual que *Anochetus* y *Odontomachus* que son menos comunes (Hölldobler & Wilson, 1990).

Sobre este tipo de interacción se han realizado algunos estudios en países latino americanos y del continente asiático. Por ejemplo, Davidson (1988) investigó los procesos responsables de la formación y mantenimiento de los jardines de hormigas en el Perú. Orivel *et al.* (1988) evaluaron la capacidad de dos especies cazadoras (Ponerinae) de elaborar un jardín de hormigas en la Guyana Francesa.

En 1999, Cedeño *et al.* Estudiaron la distribución espacial, composición florística, los insectos asociados y las características internas de los jardines de hormigas en Surumoni, Venezuela. Recientemente en el 2006, Kaufmann & Maschwitz describieron la diversidad de interacciones entre hormigas y plantas epífitas, por medio de la composición y descripción de características de los jardines de hormigas en Asia. Schmit & Blüthgen (2007) estudiaron la importancia de las hormigas para el mantenimiento del substrato de los jardines y la protección de las epífitas durante los periodos secos en Venezuela.

2.2.3. Domacios

Los domacios son cavidades naturales de las plantas donde habitan las hormigas. Estas estructuras ofrecen refugio o sitio de anidación para las hormigas. Los domacios hacen parte de troncos, ramas o pecíolos huecos o de bolsas formadas por tejido del pecíolo o de la lámina foliar (Kattán *et al.*, 2008).

En Colombia, Álvarez *et al.* (2001) estudiaron los efectos de los herbívoros cuando se excluían las hormigas que habitan los domacios de dos especies Melastomataceae del género *Tococa* en un bosque primario en el Chocó, mientras

que Kattán *et al.* (2008) estudiaron el grado de asociación y distribución de las hormigas con las plantas de las especies de la familia Melastomataceae en un bosque pluvial tropical del Valle del Cauca.

2.3. Estructuras nutritivas en plantas

2.3.1. Corpúsculos alimenticios o nutritivos

Existen cuatro tipos descritos de corpúsculos alimenticios: de Belt, de Müller, de Becari y de Perla (Delabie *et al.*, 2003).

Corpúsculos de Müller: Son producidos por algunas especies de *Cecropia* para alimentar las hormigas *Aztecas*. Se forman en una almohadilla o *trichilium* que se encuentra en la base del pecíolo de las hojas. Tienen nutrientes como glucógeno, proteínas y lípidos.

Corpúsculos de Belt: Son ricos en proteínas y lípidos, se diferencian en las extremidades de folíolos en la base de las hojas de *Acacia* y son utilizados como fuente de alimento por las hormigas del género *Pseudomyrmex*.

Corpúsculos de Becari: Se desarrollan en la base de las hojas de *Macaranga* (Euforbiaceae) plantas que se encuentran en Africa y sudeste Asiático. Los corpúsculos se presentan bajo la forma de gránulos blancos ricos en almidón y lípidos.

Corpúsculos de perla: Son ricos en lípidos y proteínas, y están en plantas que presentan nectarios extraflorales. Estos corpúsculos lo presentan algunas

Cecropiaceae, Melastomataceae y Piperaceae. El género *Piper* en Costa Rica solo produce secreciones en presencia de *Pheidole bicornis* (Delabie *et al.*, 2003).

2.3.2. Nectarios extraflorales

Los nectarios extraflorales son glándulas que producen secreciones azucaradas que atraen las hormigas. No participan en la polinización. Estas estructuras poseen variaciones morfológicas y anatómicas y pueden ser encontradas sobre algunas partes de la planta tales como la lámina foliar, pecíolo, raquis, estípulas, tallo, brácteas, pétalos, sépalos, frutos y cotiledones (Delabie *et al.*, 2003)

Los nectarios extraflorales se presentan en 93 familias de angiospermas y 332 géneros. También se han descrito este tipo de estructuras, que secretan néctar en 11 géneros de helechos, siendo conveniente nombrarlas sólo como nectarios, puesto que estas plantas no presentan flores. A pesar que los nectarios extraflorales se pueden encontrar en zonas templadas y tropicales son más comunes en la áreas tropicales (Koptur, 1992).

El néctar producido es rico en carbohidratos como la fructuosa, sacarosa y glucosa, tiene proteínas, aminoácidos, ácidos orgánicos, lípidos, alcaloides, fenoles, vitaminas y saponinas (Bentley, 1977). Las principales subfamilias de hormigas que han sido reportadas siendo atraídas por los nectarios extraflorales son Myrmicinae, Formicinae y Dolichoderinae (Del Claro *et al.*, 1996).

La secreción del néctar por parte de los nectarios es afectada por factores bióticos y abióticos tales como la intensidad lumínica, la textura de suelo y la humedad, así como la disponibilidad de nutrientes en el ecosistema. Además, la calidad y cantidad de néctar secretado está sujeta a variaciones tanto temporales como

espaciales, como lo evidencian algunos estudios sobre el patrón de visita de las hormigas en los nectarios (Bentley, 1977; Diaz-Castelazo *et al.*, 2004). A pesar de estas variaciones, los nectarios extraflorales se constituyen en un recurso energético invaluable para la fauna silvestre. En los agroecosistemas son una fuente de alimento para los insectos depredadores o parasitoides que ayudan a promover el control biológico (Koptur, 2005).

2.4. Las leguminosas y su aporte en el agroecosistema

Dentro de las especies arbóreas de la familia de las leguminosas empleadas para dar sombra en cultivos de café y la ganadería como árboles forrajeros de los cuales se utiliza su madera, se encuentran *Inga* spp., *Erythrina* spp. y *Gliricidia sepium* (Perfecto *et al.*, 1996). Estas especies vegetales brindan a estos sistemas agrícolas beneficios tales como la contribución de nitrógeno disponible en el suelo por parte de procesos de fijación biológica, aproximadamente 40kg N ha⁻¹ año⁻¹, convirtiéndose así una fuente importante de nitrógeno para las plantas de café (Roskoski, 1982). También, mediante el aporte de materia orgánica como la hojarasca al suelo en cafetales asociados con árboles de leguminosas y cítricos (Magalon *et al.*, 1996).

Además, Otros beneficios que otorgan estas plantas a los agroecosistemas son conocidos, gracias a investigaciones como la de Marín & García (2008) que resaltan el valor de árboles de *Inga edulis* para el mantenimiento de diversidad de la artropofauna y las redes tróficas en los agroecosistemas o estudios como los de Perfecto *et al.* (1996) que destacan la importancia de estas especies vegetales como fuente de recursos alimenticios y sitios de albergue para mamíferos pequeños, aves e insectos.

2.4.1. El género *Inga*: subfamilia Mimosoideae

Inga es un género numeroso con aproximadamente 350 especies descritas. Muchas de estas especies tienen nectarios extraflorales. En este género las hojas son compuestas y paripinnadas, con glándulas nectaríferas con forma de copa localizadas entre cada par de folíolos, frecuentemente con raquis alado. La inflorescencia puede variar desde umbela a capítulo y los frutos son legumbres indehiscentes alargados (Gentry, 1993).

Los nectarios extraflorales de este género, comienzan a secretar néctar en las hojas nuevas sin desplegarse y cesan su secreción en las hojas maduras (Koptur, 1984). Estas especies tienen importancia económica como árboles de sombrío en plantaciones de café y cacao, sus frutos son comestibles para el ser humano, la madera proveniente de las podas se emplea como leña, y tienen la ventaja de crecer saludablemente en zonas perturbadas y suelos pobres. Sin embargo, estas especies también son de bosques maduros (Koptur, 1985).

2.5. Las Hormigas: Himenoptera: Formicidae

Las hormigas se encuentran dentro del grupo de los insectos y hacen parte de los animales con mayor diversidad de especies en el mundo, se estima que alrededor de un tercio del total de especies de organismos vivientes corresponde a los insectos (Jaffé, 2004). Las hormigas, con cerca de 12,000 especies (Brandão, 2007), desempeñan un papel muy importante en el mantenimiento natural del equilibrio del ecosistema y pueden ser usadas como agentes de control biológico (Vandermeer *et al.*, 2002). Se encuentran agrupadas en la familia Formicidae, orden Himenóptera. Para el Neotrópico según Fernandez & Ospina (2003) se diferencian 8 subfamilias y 119 géneros de hormigas.

2.5.1. Las Hormigas y el control biológico

Control biológico es un término que hace referencia a la utilización de enemigos naturales (introducidos o nativos) para el control de insectos plaga (Barrera, 2007).

Generalmente, la mortalidad ocasionada por invertebrados depredadores o parasitoides es alta, por lo que se convierte en un factor biológico importante que ayuda a determinar la cantidad y las variaciones en la densidad de los insectos presa (Symondson *et al.*, 2002). Este hecho sirve para realizar el control biológico con ellos. Algunas ventajas del empleo de este tipo de manejo son las siguientes: existe poco efecto nocivo colateral, escasez de casos de resistencia, control de largo plazo, elimina el uso de insecticidas, la relación beneficio/costo favorable, evita el surgimiento de plagas secundarias, no genera intoxicaciones. Por otro lado algunas de sus desventajas son la necesidad de conocer la metodología y contar con personal especializado. (Barrera, 2007).

Estos enemigos naturales pueden ser de tres tipos: depredadores, parasitoides y patógenos. Las hormigas son un claro ejemplo de depredadores generalistas de hábitos alimenticios variados, y de acuerdo con varios autores presentan las siguientes características, que les permite actuar como potenciales agentes de control biológico (Risch & Carrol, 1982; Rico – Gray & Olivera, 2007):

1. Son diversas, mayoritariamente abundantes en el trópico y en algunos ecosistemas templados. Siendo consideradas como predadoras.
2. Responden a las fluctuaciones en la densidad de las presas.
3. Permanecen abundantes cuando la presa es escasa, ya que ellas se pueden alimentar directamente de los insectos secretores de sustancias azucaradas para equilibrar su requerimiento energético.

4. Almacenan alimento y pueden continuar capturando presas, si no son requeridas de inmediato.
5. Matan plagas y capturan insectos más grandes.
6. Los patrones de forrajeo permiten ser manipulados para mejorar su abundancia, distribución y contacto con las presas.

El empleo de las hormigas por parte de los agricultores para el manejo de plagas ha sido una práctica ancestral en la China y efectuada en otras partes del mundo, un ejemplo del uso de estas técnicas fue en la investigación realizada por Way & Khoo (1992) en donde se muestra la importancia de la hormiga roja *Oecophylla smaragdina* para controlar el chinche *Rhynochornis humeralis* que ataca los cultivos de cítricos y resalta el valor de otras especies de hormigas en el control de plagas en diferentes cultivos en otros países.

La implementación de este tipo de prácticas para el control biológico requieren el conocimiento de la ecología, biología de los enemigos naturales y de las comunidades en que están inmersas para mantenerlas en el tiempo, es necesario disponer de fuentes de recursos alimenticios diferentes a las presas (Jonsson *et al.* ,2008). Una manera de garantizar las fuentes de este tipo de recursos, es por medio del establecimiento y mantenimiento de corredores con plantas con flores sembrados próximos a los cultivos como fuente de néctar y polen, La utilización de aerosoles artificiales que contienen alimento y la provisión de sitios de albergue.

Todo esto se logra mediante la manipulación del hábitat, esta práctica permite generar las condiciones microambientales y alimenticias necesarias para el óptimo mantenimiento de estos organismos. Con lo cual se afecta positivamente la abundancia de los depredadores que es una manera de conservar el control biológico. Dentro de algunas de las formas de manipular el hábitat están la utilización de pajas o rastrojos sobre la superficie del suelo, lo que brinda refugio a

insectos depredadores como son las arañas, los escarabajos, entre otros y la creación de refugios temporales que sirvan como sitios de anidación (Jonsson *et al.* 2008).

Algunos de los estudios que abarcan este tema han resaltado la importancia de siete géneros de especies de hormigas dominantes y su beneficio potencial como depredadoras: *Oecophylla*, *Dolichoderus*, *Anoplepis*, *Azteca* en el trópico; *Solenopsis* en el trópico y subtrópico, *Formica* en zonas templadas. Además, otros géneros como *Ectatomma*, *Pheidole*, *Dorymyrmex*, *Leptothorax*, *Tetramorium*. También cobran importancia en el control biológico por su actividad de forrajeo (Van Mele *et al.*, 2001; Rico-Gray & Oliveira, 2007).

3. ANTECEDENTES

Investigadores de distintas nacionalidades se han interesado por realizar estudios sobre las interacciones mutualistas entre hormigas y plantas desde hace varias décadas. En dichos estudios se destaca el papel de las hormigas como defensoras de las plantas, recibiendo a cambio recompensas energéticas o alimenticias como los nectarios extraflorales. Una investigación que abordó este tema fue el estudio que realizó Bentley (1976) en plántulas de frijol con nectarios artificiales (solución azucarada) en diferentes hábitats en Costa Rica y encontró que la actividad (i.e. protección) de las hormigas fue alta en las plantas con solución azucarada comparada con las plantas control, mostrándose que se reduce el nivel de herbivoría, además encontró una relación directa entre la abundancia de hormigas y la abundancia de nectarios.

Otras investigaciones han estudiado el efecto de la presencia o ausencia de las hormigas sobre otros insectos, principalmente herbívoros como lo muestran experimentos de exclusión realizados por Del Claro *et al.* (1996) sobre la especie vegetal *Qualea multiflora*. En dicho estudio observaron que el daño foliar fue mayor en las plantas con exclusión de hormigas que las plantas con libre acceso de hormigas, y que a la vez producían dos veces más frutos por botón floral que las plantas tratadas.

Años mas tarde, otros autores que evaluaron el porcentaje herbivoría en dos especies vegetales *Tococa spadaciflora* y *Tococa guianensis* en un bosque del Chocó Colombiano encontraron que las plantas de *T. spadaciflora* a las que se le había removido las hormigas de los domacios, registraron un mayor porcentaje de herbivoría (91%) en comparación con las plantas cuando tenían la presencia de hormigas (27%). En la especie *T. guianensis* los porcentajes de herbivoría fueron de

55% y 22 % en plantas sin y con presencia de hormigas, respectivamente (Álvarez *et al.* 2001). Del mismo modo De la fuente & Marquis (1999), mediante observaciones realizadas en el dosel de árboles encontraron que el 57% de los artrópodos censados eran hormigas y se demostró que las plantas sin hormigas tuvieron más daño que las plantas con libre acceso de hormigas, además que el tipo de hábitat (sol o sombra) puede influir en el grado de protección con lo cual lograron concluir que el manejo adecuado de la sombra aumenta la diversidad de hormigas que puede servir como una buena herramienta para el control biológico de forma natural.

Apple & Feener (2001) en su estudio realizado en tres especies de enredaderas, encontraron que en plantas que comparten el mismo hábitat y especies de hormigas, los patrones de visitas pueden diferenciarse por las características de composición y estructura del néctar. Leal *et al.* (2006) identificaron las especies de hormigas que visitan los nectarios extraflorales de *Passiflora coccínea* y evaluaron el efecto de la presencia de hormigas en el éxito reproductivo de la planta y contra herbívoros. Los autores encontraron 22 especies de hormigas y observaron que aquellas que forrajeaban en plantas *P. coccínea* presentaron buena actividad defensora al atacar 77.5% de las termitas usadas como cebo. En las plantas sin nectarios extraflorales hubo un ataque del 17.5% sobre el cebo. No se encontraron diferencias significativas en la producción de frutos entre las plantas con o sin hormigas. Torres *et al.* (2000) demostraron el efecto de la presencia de las hormigas y las avispas en el éxito reproductivo de la hierba *Turnera ulmifolia*. En sus observaciones descubrieron que la producción de frutos no es uniforme y que las plantas visitadas por la especie más grande de hormiga (*Camponotus abdominalis*) produjeron más frutos que las plantas visitadas por otras especies de menor tamaño o sin hormigas.

Do Nascimento & Del Claro (2010), evaluaron el efecto de la presencia de hormigas sobre los nectarios extraflorales de la planta *Chamaecrista debilis* en el porcentaje de herbivoría y su éxito reproductivo. Los autores encontraron 15 especies de hormigas, de las cuales el género más abundante y diverso fue *Camponotus*. Demostraron, además, que las hormigas tuvieron un efecto positivo al reducir el porcentaje de herbivoría en las plantas con presencia de hormigas y al aumentar en 50 % la producción de frutos en comparación con las plantas a las que se les había aislado de la presencia de las hormigas.

Otros estudios, se han enfocado en describir la asociación hormiga – planta – homóptero. Uno de ellos es el realizado por Ramírez *et al.* (2000) en un bosque seco tropical del Valle del Cauca, donde encontraron 352 asociaciones entre hormigas, plantas y homópteros. Dentro del tipo de asociación que reportan se encuentran sitios de anidamiento (32%), visitas a nectarios extraflorales (27%), protección de homópteros (26%) y estructuras vegetativas como refugio (15%). La especie de hormiga más frecuente fue *Wasmannia auropunctata* con 17% y las plantas con nectarios extraflorales que tuvieron mayor presencia de hormigas fueron *Philodendron* sp. con 7% y *Passiflora coriacea* con 5%.

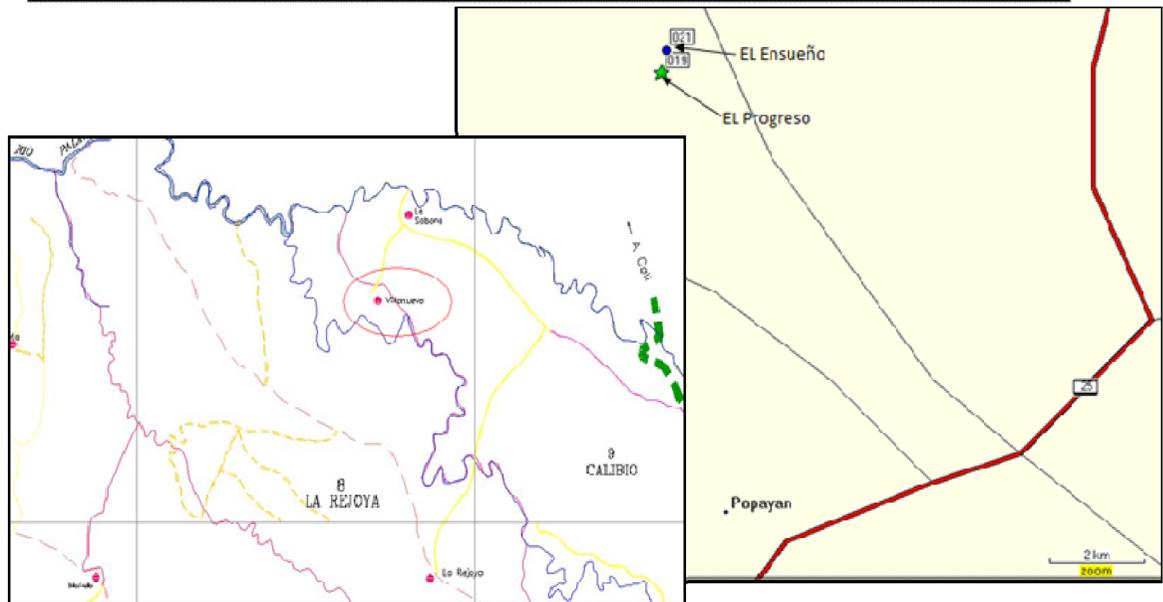
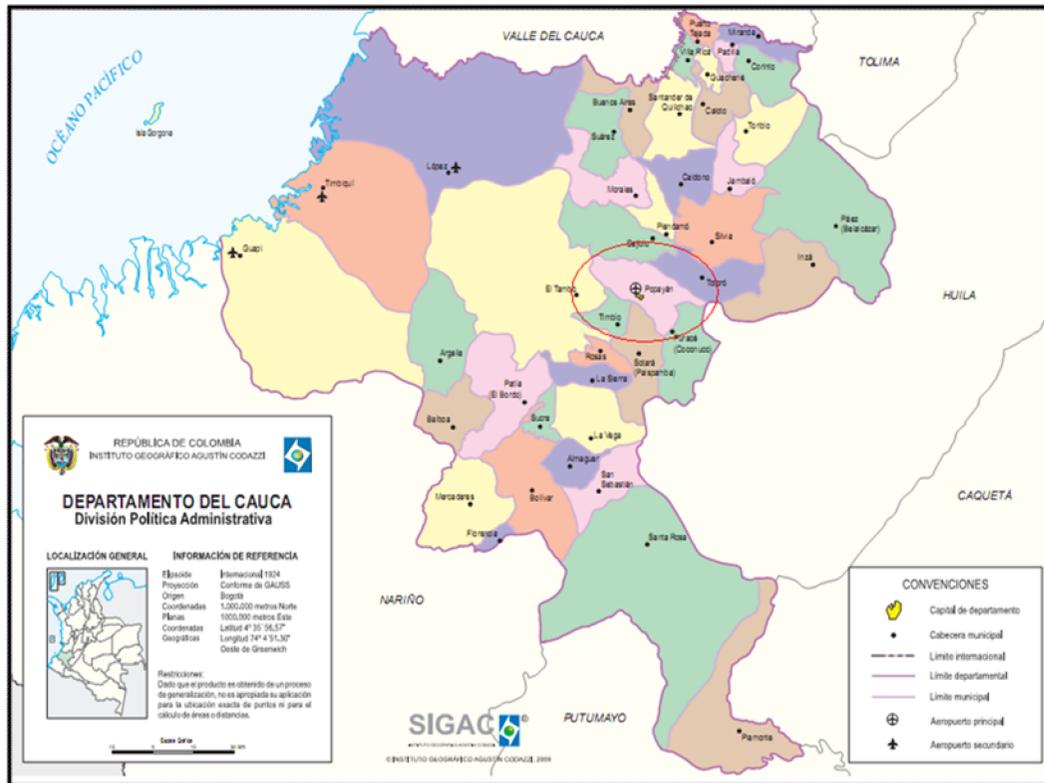
También, investigaciones explican esta asociación hormiga - homóptero en cafetales, uno de estos fue realizado por Franco *et al.*, (2003). Los autores describen e identifican este tipo de relaciones registrando 114 interacciones, donde la más frecuente fue el mutualismo 90% y la subfamilia Myrmicinae aportó el 46% de estas. La otra investigación es la realizada por Mera-Velasco *et al.* (2010), en ella describen el efecto de las hormigas sobre la presencia de otros insectos del follaje en cafetales en el Cauca. Ellos encontraron 119 interacciones, siendo las mutualistas facultativas las más frecuentes con 32.3 % y la subfamilia con el mayor número de representantes fue Myrmicinae 48%, donde la hormiga *Linepithema* aportó el 32.12 % de estas asociaciones. Además de encontrar que

existe mayor riqueza de insectos y de asociaciones en cafetales con árboles de sombra que en los cafetales a plena exposición solar.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en las fincas El Progreso (02°32'04.8"N; 076°36'55.0"W) y El Ensueño (02°32'19.9"N; 076°36'49.2"W) que se encuentran ubicadas en la vereda Villanueva, corregimiento la Rejoya en el municipio de Popayán (Figura 1). Este corregimiento se encuentra ubicado a 18 Km al occidente de Popayán, al nor-orientado del departamento del Cauca y al sur occidente de Colombia, con una extensión de 247.504 hectáreas y con una altitud entre los 1600 y 1800 msnm, con una temperatura media entre los 18-24°C y un promedio anual de lluvias entre 2000 - 4000 mm (Cruz & Castro, 2008). Por sus características se encuentra en la zona de vida de bosque húmedo y muy húmedo premontano (bh-PM y bmh-PM; Holdridge, 1977).



Fuentes: IGAC mapas de Colombia, etrex garmin map, **UMATA –Popayán 2007 División veredas**

Figura 1. Ubicación del área de estudio vereda Villanueva, corregimiento La Rejoja, Municipio de Popayán.

Finca el Progreso: Se encuentra clasificada como un policultivo comercial (Moguel & Toledo, 1999). Su extensión es de dos hectáreas. Los árboles de sombrío asociados al café son el Guamo *Inga edulis* e *Inga densiflora*, con una densidad como sombrío de 2381 árboles/ha. Además hay cultivos de plátano, banano, chachafruto y como cerca vivas botón de oro. Esta finca lleva diez años ejerciendo caficultura orgánica. El suelo se formó a partir de cenizas volcánicas (alcaldía de Popayán, 2002); presenta una capa delgada de hojarasca. El tipo de café cultivado en la finca es variedad caturra con una densidad de siembra de 3333 plantas/ ha (véase anexo. Fotografía 2).

Finca el Ensueño: Se encuentra clasificada también como policultivo comercial. Su extensión abarca una y media hectáreas. Los árboles de sombrío son el guamo *Inga edulis* e *Inga densiflora*, con una densidad como de 3571 árboles/ha. Además, se encuentra cultivado plátano, banano y como cerca viva se tiene fique. Igualmente tiene diez años como cultivo orgánico. El suelo se formó a partir de cenizas volcánicas (alcaldía de Popayán, 2002); presenta una capa gruesa de hojarasca. El cafetal es variedad Caturra con una densidad de siembra de 8333 plantas/ha (véase anexo. Fotografía 1).

4.2. Métodos de muestreo

Con el fin de determinar la riqueza y abundancia de la comunidad de hormigas presentes en los arboles de *Inga sp.*, asociados como sombra dentro de los cafetales, en cada una de las fincas se escogieron al azar cinco arboles separados entre sí aproximadamente 10 m (véase anexo 1, esquemas 1 y 2). Para la colecta de los ejemplares se realizó observaciones por espacio de 20 minutos en cada uno de los árboles y sus nectarios extraflorales, colectando con ayuda de pinzas y pinceles, las hormigas. Estas observaciones y colectas, se realizaban tres veces

en diferentes horas del día para cada árbol. También fueron instalados cebos de atún arbóreos a la altura del pecho, dejándose por espacio de cuatro horas (modificado Villareal *et al.*, 2004). Los cebos consistían de tarjetas de papel de 8 x 10 cm sujetos con grapas al tronco del árbol. Se realizaron las capturas entre las 08:00 a.m y las 16:00 p.m horas para aprovechar el día, ya que las hormigas son más activas en este período (Cogni *et al.*, 2000).

Para complementar el muestreo y con el objetivo de saber si la comunidad de hormigas presente en la hojarasca forrajea sobre los nectarios, se recogió la hojarasca presente en un cuadrante de 1m² a una distancia de la base de cada árbol de 50 cm. Esta hojarasca fue pasada por un saco cernidor y posteriormente procesada en sacos miniwinkler por 48 horas (Bestelmeyer *et al.*, 2002). Todo el material colectado fue colocado en frascos de vidrio con alcohol al 70%, debidamente rotulado.

Las hormigas fueron identificadas hasta el nivel de género con la ayuda de claves e ilustraciones de revisiones taxonómicas de Palacio & Fernández (2003); Mckay & Mckay (2002). A si mismo, se realizó comparación con ejemplares de la colección del museo de Entomología de la Universidad del Valle (MEUV) y del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca (MHNUC).

Se realizaron en total diez salidas de campo entre julio y noviembre del 2009. Cada salida de dos días con 8 horas de trabajo por día, con un intervalo de 15 días entre jornada y jornada. Se realizó un esfuerzo de muestreo de una persona día para un total de 160 horas.

Para determinar si existen interacciones intra o interespecíficas de la comunidad de hormigas en los nectarios, se realizaron anotaciones en campo, donde se describía la frecuencia con que las hormigas visitaban los nectarios y si entre

especies diferentes existía algún contacto. Igualmente, se realizaron estas observaciones en los cebos al momento de la colecta.

4.3. Análisis de resultados

Todos los datos registrados se organizaron en una matriz de abundancias y se generó una lista con todas las morfoespecies encontradas. Se realizó un análisis utilizando el programa Estimates 6.00 (Colwell,1997) para producir curvas de acumulación de especies y determinar la confiabilidad del muestreo, a través de estimadores no paramétricos ampliamente utilizados como CHAO 1 y ACE que analizan la riqueza específica cuando se obtienen valores de abundancia.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Riqueza y abundancia

Entre las dos fincas se colectó un total de 2.613 especímenes distribuidos en 17 géneros, 43 morfoespecies y siete subfamilias en su orden: Myrmicinae, Ponerinae, Dolichoderinae, Formicinae, Pseudomyrmecinae, Ectatomminae y Ecitoninae (Figura 2). La subfamilia Myrmicinae registró el mayor número de géneros (9) y especies (29).

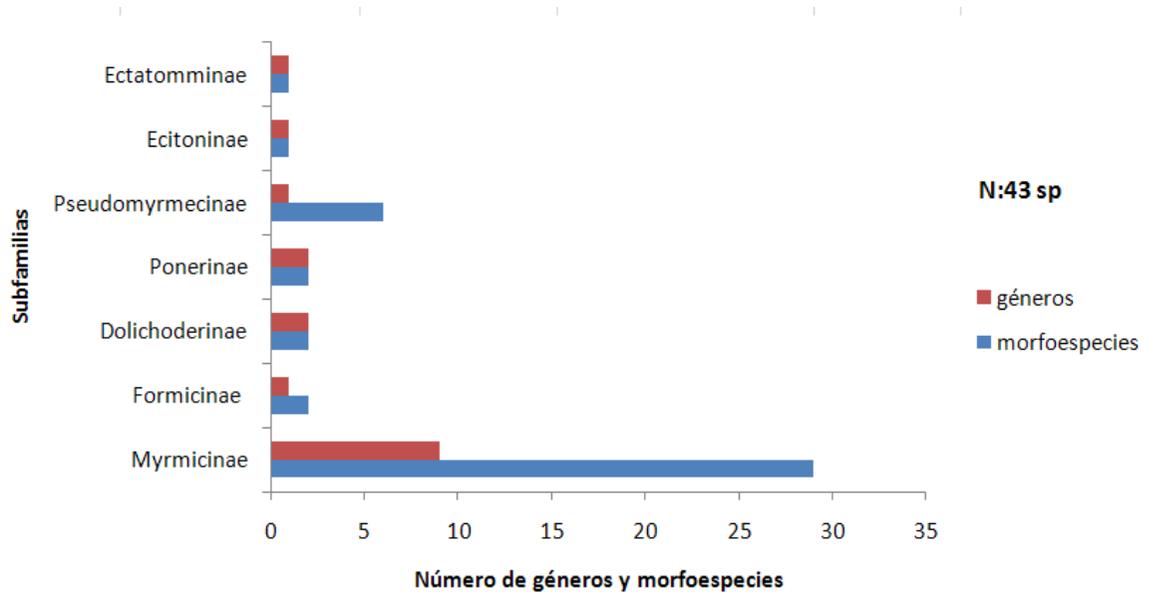


Figura 2. Distribución de géneros y especies por subfamilias encontradas en las dos fincas con las tres técnicas de muestreo.

En la finca El Progreso se registró 60% del total de las especies encontradas y para la Finca El Ensueño se encontró 76% del total. Al realizar la curva de acumulación de especies para cada una de las fincas de acuerdo con los estimadores CHAO 1 y ACE (Colwell, 1997), se observa que la eficiencia de muestreo está entre el 77% y 85% (Tabla1). Este resultado sugiere que al seguir muestreando existe la probabilidad de aumentar la riqueza de la fauna de hormigas presentes en los cafetales estudiados (Figura 3).

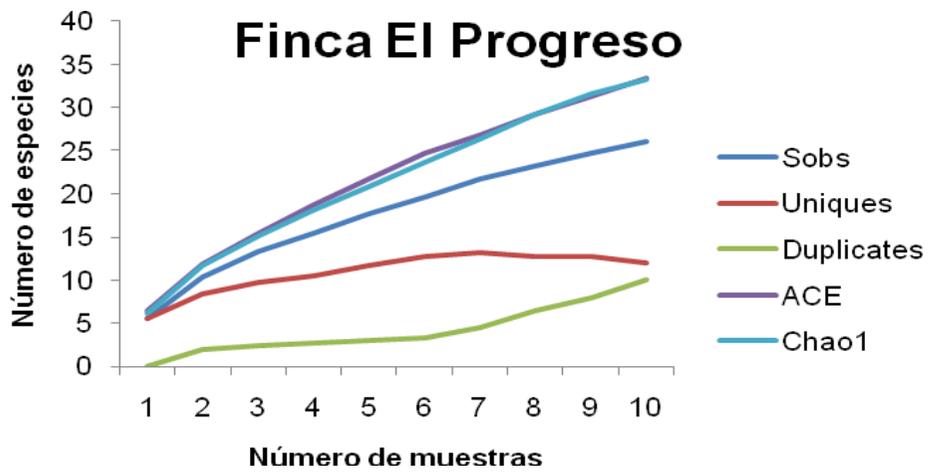
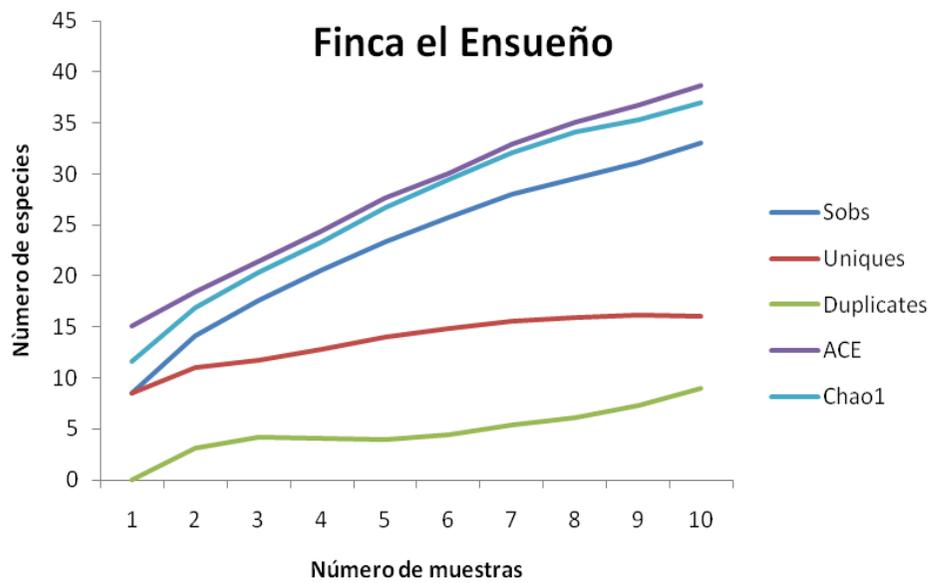


Figura 3. Curvas de acumulación de especies para cada una de las fincas con los tres métodos de colecta.

Al calcular el índice de complementariedad se observa que las dos fincas se complementan en un 63%, se puede sugerir que por el tipo de manejo agrícola

que se realiza en cada una de las fincas, se presentan condiciones habitacionales diferentes como son la disponibilidad de lugares para anidar, las fuentes de recursos alimenticios y los gradientes ambientales, permiten albergar una particular diversidad de hormigas. Teniendo en cuenta lo anterior, esta disparidad la confirma el índice de Shannon que fue mayor para la finca El Ensueño.

Esta diferencia en la finca el Ensueño pudo ser ocasionada por la complejidad estructural de varios niveles de estratificación vegetal que le ocasiona la mayor densidad de siembra de árboles de guamo, que aportan abundante materia orgánica y sitios de anidación. Esto brinda condiciones ambientales que favorecen la disponibilidad de recursos para varias especies de hormigas. Por otro lado, la finca el Progreso pudo ser afectada por los cambios en la temperatura, pues en la época de estudio se presentó el fenómeno del niño. Aunque este fenómeno fue generalizado, y el hecho de tener menor densidad de siembra de árboles de guamo en la finca el Progreso pudo afectar más drásticamente la fauna de hormigas (Tabla 1).

Tabla 1. Estimadores de riqueza e índices de diversidad y complementariedad para cada una de las fincas.

Finca	Especies observadas	Estimadores de riqueza		Eficiencia de muestreo	Índice de Shannon	Índice de complementariedad
		ACE	CHAO 1			
El Progreso	26	33,41	33,25	77,82	1,45	
El Ensueño	33	38,71	36,94	85,24	2,25	
						0.627

Las especies exclusivas en la finca el Progreso represento 23 % de las 43 especies encontradas entre las dos fincas. En cambio para la finca el Ensueño

39.5 % fueron exclusivas. Además, se encontró que sólo el 37% del total de especies colectadas entre las dos fincas son compartidas, algunas de estas hormigas son *Linepithema neotropicum*, *Hypoponera* sp, entre otras.

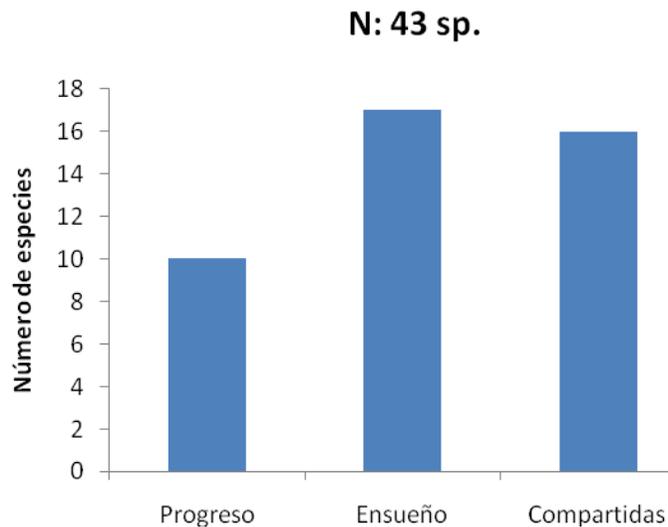


Figura 4. Riqueza de especies exclusivas y compartidas en las fincas.

En la finca el Ensueño, se registro la presencia de *Procryptocerus hyaleus* que es una hormiga solitaria, oportunista, arbórea, asociada a sitios con un buen nivel de sombra, concordando con lo reportado por Gallego *et al.*, (2009) para las especies de este género presentes en cafetales de sombra. Estas hormigas no son abundantes ni dominantes, pero son habitantes del dosel de selva tropicales (Longino & Snelling, 2002). La especie se registró una vez forrajeando sobre la hojarasca, sugiriendo ya sea que caen del follaje arbóreo, o que bajan al suelo ocasionalmente, y sobre la hojarasca se registraron las hormigas *Neivamyrmex* sp y *Wasmannia auropuctata*.

Para la finca el Progreso se registraron como especies exclusivas de la hojarasca *Gnamptogenys striatula*, *Octostruma* sp, *Pyramica* sp2 y *Odontomachus chelifer* y

en el estrato arboreo la hormiga *Temnothorax* sp. que se caracteriza por poseer hábitos variados de forrajeo, arbóreas, con colonias pequeñas y crípticas (Longino, 2004).

El carácter exclusivo de algunas especies de hormigas en las dos fincas se evidencia en la tabla 2, se listan algunas de estas especies en los árboles de *Inga* y otras especies que se mueven entre diferentes estratos, como *Crematogaster* sp. Esto indica que poseen un amplio rango de forrajeo en busca de recursos alimenticios que les permite desplazarse entre la vegetación y la hojarasca y pueden actuar como agente potencial de control biológico.

Tabla 2. Listado de morfoespecies presentes en los árboles de guamo y especies compartidas encontradas en la hojarasca.

Morfoespecie	Compartidas con		
	<i>Inga edulis</i>	<i>Inga densiflora</i>	hojarasca
Dolichoderinae			
<i>Azteca</i> sp		X	
<i>Linepithema neotropicum</i>	X		X
Formicinae			
<i>Camponotus</i> sp 1		X	
<i>Camponotus</i> sp 2	X		
Myrmicinae			
<i>Crematogaster</i> sp	X	X	X
<i>Nesomyrmex asper</i>	X	X	
<i>Pheidole</i> sp1		X	
<i>Pheidole</i> sp 9		X	
<i>Pheidole</i> sp 10		X	
<i>Pheidole</i> sp 11		X	
<i>Pheidole</i> sp 12		X	
<i>Procryptocerus hyaleus</i>		X	X
<i>Solenopsis</i> sp 2		X	X
<i>Solenopsis</i> sp 6		X	
<i>Temnothorax</i> sp	X		
Pseudomyrmecinae			

<i>Pseudomyrmex</i> sp 1		
<i>Pseudomyrmex</i> sp2	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp 3		X
<i>Pseudomyrmex</i> sp 4	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp 5	X	
<i>Pseudomyrmex</i> sp 6	X	

Las hormigas *Nesomyrmex asper*, *Crematogaster* sp, *Pseudomyrmex* sp4, *Pseudomyrmex* sp2, *Camponotus* sp1, encontradas sobre los nectarios extraflorales en los dos sitios de estudio, concuerdan con algunos géneros encontrados por varios autores y diferentes especies vegetales en nectarios extraflorales de *Bixa orellana*, *Passiflora* sp., *Triumfeta semitriloba* (Bentley, 1977; Apple & Feener, 2001; Sobrinho *et al.*, 2002). La presencia de hormigas de sobre los nectarios extraflorales se debe a su actividad de forrajeo que es continua en hojas nuevas o viejas y los nectarios secretan néctar día y noche (Kopur, 1984) (véase anexo, fotografía 3, 4,5).

Además, las morfoespecies más abundantes registradas en las fincas El Ensueño y El Progreso del total de individuos colectados fueron *Crematogaster* sp. (40%), *Camponotus* sp.1 (14,31 %), *Solenopsis* sp.6 (6.8%) y finalmente *Pseudomyrmex* sp.2 (3.4%). Este resultado no difiere del obtenido en el estudio realizado por Cogni & Freitas (2002) donde encontraron 16 especies de hormigas que visitan los nectarios extraflorales de *Hibiscus pernanbucensis* y las especies más abundantes fueron *Camponotus* sp.2, *Brachymyrmex* sp. y *Pseudomyrmex gracilis* en la estación lluviosa, *Camponotus crassus* y *Camponotus* sp.2 en verano. Asimismo, los géneros encontrados como abundantes en las dos fincas estudiadas concuerdan con lo observado por Brenes - Arguedas *et al.* (2008) para *Crematogaster* sp. (16.7%), *Camponotus* sp. (18.9%) y *Pseudomyrmex* sp. (16.3%) sobre árboles de *Inga* en Costa Rica y con lo encontrado por Goitia & Jáffe (2009) en varias especies de *Inga*, las hormigas de los géneros *Camponotus*,

Crematogaster, *Pseudomyrmex* se encontraron forrajeando los nectarios extraflorales.

La presencia y la abundancia de géneros como *Camponotus* y *Crematogaster* en las fincas puede ser explicado por su comportamiento dominante y su distribución desigual (mosaico de hormigas). La hipótesis del mosaico de hormigas se basa en algunas investigaciones, que han demostrado que el dosel del bosque o plantaciones agroforestales tropicales se encuentra ocupado por hormigas dominantes. Las hormigas se consideran dominantes por tener colonias muy pobladas, por la capacidad de construir nidos grandes o polidomos y un alto grado de territorialidad inter e intraespecífica (Dejeito Lordon *et al*, 1999; Dejean *et al.*, 2003). De igual forma, se puede entender que el bajo número de individuos capturados del género *Pseudomyrmex* durante el estudio es el resultado de hábitos de comportamiento, donde las colonias son más bien pequeñas con pocos individuos forrajeros (Bentley, 1977). La actividad de forrajeo diurna de las hormigas encontradas unido al hecho que el muestreo se realizó en horas del día, influyó en la presencia de los morfotipos encontrados durante la investigación como es el caso de *Pseudomyrmex*.

5.2. Interacciones inter e intraespecíficas

Durante las observaciones realizadas en campo sobre los nectarios extraflorales, se detectó un episodio en el cual la hormiga *Crematogaster* sp se encontró simultáneamente con la hormiga *Crematogaster* sp tomando néctar. En la mayor parte de los casos se presentó una hormiga por nectario.

Para la finca el Ensueño se registró un 57,5% del total de las observaciones en las cuales se presentaron hormigas sobre los nectarios. Además, se tiene que para

esta finca, durante todas las observaciones, siempre se encontraron hormigas en los árboles.

En la tabla 3, se listan las especies de hormigas que interactúan con los nectarios extraflorales. La hormiga *Crematogaster* sp1 fue la que más interacciones registró con *Inga edulis* y para *Inga densiflora* fue *Pseudomyrmex* sp4 en la finca El Progreso. En la finca El Ensueño la hormiga que frecuentemente visitó los nectarios fue *Camponotus* sp1, acompañada de *Crematogaster* sp1. Este hallazgo concuerda con lo observado por Koptur (1984) que hay más de una especie de hormiga asociada a cada especie de *Inga* y estas hormigas que visitan los nectarios se desplazan por el follaje.

Tabla 3. Especies de hormigas interactuando con los nectarios por finca

Morfoespecie	Finca El Progreso			Finca El Ensueño	
	<i>I. edulis</i>	<i>I. densiflora</i>	Subtotal	<i>I. densiflora</i>	Subtotal
<i>Camponotus</i> sp1				1	1
<i>Crematogaster</i> sp1	1		1	1	1
<i>Nesomyrmex asper</i>	1		1		
<i>Pheidole</i> sp1				1	1
<i>Pheidole</i> sp9				1	1
<i>Pseudomyrmex</i> sp2				1	1
<i>Pseudomyrmex</i> sp4		1	1		
Total por finca			3		5

Además, se registró una interacción entre la hormiga *Camponotus* sp1 y *Pseudomyrmex* sp4 que se encontraban forrajeando un cebo de atún en la corteza del árbol y la hormiga *Camponotus* sp1 desplazó a la hormiga *Pseudomyrmex* sp4. Aunque solo fue una observación, se podría sugerir una competencia por explotación del recurso alimenticio, que en este caso es el cebo.

5.3. Beneficios potenciales de las hormigas

5.3.1. Control biológico: Depredación

Las hormigas encontradas en las dos fincas forrajeando en los diferentes estratos fueron: *Solenopsis* spp, *Pheidole* spp, *Odontomachus chelifer*, *Neivamyrmex* sp, *Hypoponera* sp, *Azteca* sp, *Gnamptogenys striatula*, *Linepithema neotropicum* y *Pseudomyrmex* spp. (Tabla 4). Concuerdan con los géneros que han sido reportados como potenciales agentes de control biológico (Van Mele *et al.*, 2001; Rico & Oliveira, 2007; Van Mele & Nguyen, 2001).

Tabla 4. Diversidad de especies de hormigas por finca y estratos.

Morfoespecie	FINCA	
	El Ensueño	El Progreso
Dolichoderinae		
<i>Azteca</i> sp	A	H
<i>Linepithema neotropicum</i>	A	H
Ectatominae		
<i>Gnamptogenys striatula</i>		H
Ecitoninae		
<i>Neivamyrmex</i> sp		H
Formicinae		
<i>Camponotus</i> sp1	A	
<i>Camponotus</i> sp2		A
Myrmicinae		
<i>Crematogaster</i> sp	A	A,H
<i>Nesomyrmex asper</i>	A	A
<i>Ocostruma</i> sp		H
<i>Pheidole</i> sp1	A,H	H
<i>Pheidole</i> sp2	H	H
<i>Pheidole</i> sp3	H	
<i>Pheidole</i> sp4	H	
<i>Pheidole</i> sp5	H	

<i>Pheidole</i> sp6	H	
<i>Pheidole</i> sp7	H	
<i>Pheidole</i> sp8	H	H
<i>Pheidole</i> sp9	A	
<i>Pheidole</i> sp10	A	
<i>Pheidole</i> sp11	A	
<i>Pheidole</i> sp12	A	
<i>Procryptocerus hyaleus</i>	A,H	
<i>Pyramica</i> sp1	H	H
<i>Pyramica</i> sp2		H
<i>Solenopsis</i> sp1	H	
<i>Solenopsis</i> sp2	A,H	H
<i>Solenopsis</i> sp3	H	H
<i>Solenopsis</i> sp4	H	H
<i>Solenopsis</i> sp5	H	H
<i>Solenopsis</i> sp6	A,H	
<i>Solenopsis</i> sp7		H
<i>Solenopsis</i> sp8	H	H
<i>Solenopsis</i> sp9	H	H
<i>Temnothorax</i> sp		A
<i>Wasmannia auropuctata</i>	H	
Pseudomyrmecinae		
<i>Pseudomyrmex</i> sp1	A	
<i>Pseudomyrmex</i> sp2	A	A
<i>Pseudomyrmex</i> sp3	A	
<i>Pseudomyrmex</i> sp4	A	A
<i>Pseudomyrmex</i> sp5		A
<i>Pseudomyrmex</i> sp6		A
Ponerinae		
<i>Odontomachus chelifer</i>		H
<i>Hypoponera</i> sp	H	H

Estratos H: hojarasca A: arbóreo

De acuerdo con la clasificación realizada por Silvestre *et al.* (2003), en la Tabla 5, se observa la categorización funcional de la fauna de hormigas colectadas en las dos fincas.

Tabla 5. Clasificación funcional de las morfotipos encontrados en las Fincas.

Grupo funcional por categoría	Subfamilia	Género / morfoespecie	Características
III	Ecitoninae	<i>Neivamyrmex</i> sp.	Nómada
XII	Ectatomminae	<i>Gnamptogenys striatula</i>	Depredadora críptica
VII	Dolichoderinae	<i>Azteca</i> sp	Omnívora
VII		<i>Linephitema neotropicum</i>	Omnívora
VI	Formicinae	<i>Camponotus</i> sp	Oportunista, generalista
IV , V, VII	Myrmicinae	<i>Crematogaster</i> sp	Omnívora
XI		<i>Nesomyrmex asper</i>	Arbórea
IV , V		<i>Octostruma</i> sp	Depredadora críptica
X		<i>Pheidole</i> sp	Omnívora y oportunista
XI		<i>Procryptocerus hyaleus</i>	Cefalotina, omnivore
IV y V		<i>Pyramica</i> sp	Depredadora críptica
VII		<i>Solenopsis</i> sp	Omnívora
		<i>Wasmannia auropunctata</i>	Omnívora
		<i>Temnothorax</i> sp	Arbórea
II	Pseudomirmecinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp	Depredadora
I	Ponerinae	<i>Odontomachus chelifer</i>	Depredadora críptica
XII		<i>Hypoponera</i> sp	Depredadora críptica

Fuente: modificada de Silvestre *et al.* (2003)

Los géneros *Solenopsis* y *Pheidole*, encontrados en los dos lugares de estudio tienen especies que sirven como agentes de control biológico debido a que se pueden desplazar fácilmente entre la hojarasca y la vegetación (Van Mele *et al.*, 2001; Rico-Gray & Oliveira, 2007). Puesto que estas hormigas tienen hábitos de forrajeo variados y están en el gremio alimenticio de omnívoras dominantes. Esto se evidencia en el experimento realizado con el género *Pheidole* en Brasil donde

se evaluó la actividad predadora hacia dos insectos plaga *Anthonomus grandis* y *Angasta* en cultivos de algodón, siendo removidos el 20% y 60% respectivamente por esta especie de hormiga forrajeadora de suelo (Fernandes *et al.*, 1994).

De igual forma ocurre con las especies de hormigas *Solenopsis picea*, *Tetramorium* sp. y *Tetramorium simillimum* en un estudio realizado en Colombia, se evaluó la actividad de depredación de estas hormigas sobre la broca *Hypothenemus hampei* y el porcentaje de depredación obtenido varió entre 7- 87%. (Gallego & Ambrecht, 2005).

La importancia de las hormigas y los parasitoides en el control de plagas como la broca en el cultivo de café (Vega *et al.*, 2009). Se evidencia con la hormiga *Azteca instabilis* al establecer relaciones mutualistas con homópteros y contribuir con la reducción del número de insectos plagas (e.g. broca *Hypothenemus hampei*) (Perfecto & Vandermeer, 2006).

La hormiga *Wasmannia auropunctata* registrada en la finca el Ensueño sirve como agente de control biológico como lo ha identificado Bustillo *et al.*, (2002). En investigaciones realizadas en cafetales en busca de los enemigos naturales de *Hypothenemus hampei*.

Otras hormigas que pueden actuar como agentes de control biológico son las cazadoras pertenecientes al gremio alimenticio depredadoras grandes como lo es la hormiga *Odontomachus chelifer* que se encontró en la finca el Progreso sobre hojarasca. Este tipo de actividad se demuestra en las observaciones realizadas por Dyer (2002) donde evaluó la actividad de depredación de la hormiga *Paraponera clavata* y encontró que es un importante depredador de bosques húmedos ya que esta especie anida en la base de los árboles.

Asimismo esta actividad depredadora de las hormigas es confirmada en el estudio realizado por Stuart *et al.* (2003) quienes evaluaron la actividad depredadora sobre larvas de un coleóptero en cultivos de cítricos, y encontraron que la mayor actividad de depredación la tuvo la hormiga *Solenopsis invicta* con un 27.8%, seguida por *Pheidole morens* con 27.8%, de las ocho especies encontradas. Los autores concluyeron que las hormigas son depredadores muy importantes de neonatos del coleóptero *Diaprepes abbreviatus* en estos cultivos y recomiendan su utilización en programas de control biológico (Stuart *et al.* 2003).

En el presente estudio, la morfoespecie *Crematogaster* sp. Fue la más abundante (40%) de individuos colectados en todo el estudio; su actividad de forrajeo fue amplia, desplazándose en los dos estratos (suelo y dosel). Además se encontró con frecuencia sobre los nectarios extraflorales y fue una especie compartida en las fincas cafeteras. Por tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación apoyan la idea que los guamos (*Inga* sp.) contribuyen a albergar y sostener poblaciones de hormigas depredadoras y no difieren con lo observado por Bustillo *et al.* (2002) que reportaron al género *Crematogaster* como depredador en cafetales con lo cual se puede inferir su potencial como agente de control biológico.

Conforme con los resultados de esta investigación se puede decir, que generalmente las especies de hormigas que se encuentran en la vegetación son diferentes a las hormigas que forrajean en la hojarasca. Esto se puede observar en la tabla 4 donde las especies *Camponotus* sp. y *Nesomyrmex asper* se hallaron forrajeando sobre el estrato arboreo, igualmente otras especies colectadas como *Hypoponera* sp. y *Pyramica* sp.1 estaban forrajeando sobre la hojarasca. Pero en ocasiones otras especies como *Crematogaster* sp., *Procryptocerus hyaleus* y *Linepithema neotropicum* forrajean en los dos estratos, estos patrones en la actividad de forrajeo pueden ser generados por la distribución

de sus nidos (hojarasca, arbóreo) y la búsqueda de recursos alimenticios para el mantenimiento de la colonia.

Esta distribución vertical de especies como *Linepithema neotropicum* y *Camponotus* sp1. Coincide con resultados obtenidos por Cogni *et al.*, (2003) donde especies como *Camponotus* sp. 2 que anidan en la vegetación pueden encontrarse forrajeando en el suelo, o el caso contrario para especies como *Linepithema* sp. que anidan en el suelo pero forrajean en la vegetación. Teniendo en cuenta este patrón de distribución, los autores sugieren que la distribución vertical de la actividad de las hormigas se relaciona con la distribución de los diferentes sitios de anidación por medio de una escala espacial que permite mediar los patrones de forrajeo de las hormigas sobre las plantas y afecta probablemente el potencial para impedir a los herbívoros el paso a las plantas con nectarios extraflorales.

5.3.2. Dispersión de semillas

La presencia de los nectarios extraflorales en los árboles de *Inga* sp, puede atraer a dispersores de semillas, como las hormigas (Rudgers & Gardener, 2004). Las hormigas diseminan las semillas de dos maneras: Una depende de la actividad ineficiente de hormigas recolectoras de semillas que pierden las semillas al transportarlas al nido y la otra se da porque las plantas producen un elaisoma unido a la semilla que la hormiga consume y descarta la semilla (Handel & Beattie, 1990) Esta dispersión es benéfica para las plantas, pues influencia la distribución, abundancia y la estructura de las poblaciones vegetales y determina el flujo de genes entre las poblaciones. (Rico-Gray & Oliveira, 2007) como es el caso de algunas de las hormigas encontradas en las fincas como por ejemplo *Odontomachus chelifer* en el Progreso y *Pheidole* spp para la finca el Ensueño.

5.3.3. Favorece el éxito reproductivo

La presencia de las hormigas asociadas a los árboles de sombrero o hierbas con nectarios extraflorales influye de manera positiva el rendimiento en la producción de frutos, como lo demuestran investigadores como Del Claro *et al.* (1996) donde registran como la planta *Qualea multiflora* produjo el doble de frutos en presencia de hormigas. Asimismo, Torres *et al.* (2000) observaron que en la hierba *Turnera ulmifolia* visitada por la especie de hormiga más grande (*Camponotus abdominalis*) produjo más frutos que las plantas visitadas por otras especies de hormigas de menor tamaño. Igualmente, Do Nascimento & Del Claro (2010) en las plantas de *Chamaecrista debilis* que tenían libre acceso de hormigas, se incrementó la producción de frutos en un 50% comparado con las plantas sin hormigas.

Este beneficio se evidencia con las diferentes especies de hormigas que brindan protección, por ejemplo la hormiga *Crematogaster opuntiae* que visita la planta *Opuntia acanthocarpa* y la hormiga *Iridomyrmex humilis* que visita los nectarios estipulares de la hierba *Vicia sativa* aumentando la producción de frutos y semillas en la planta al disminuir la presencia de insectos herbívoros. (Koptur, 1992). En las dos fincas estudiadas la presencia de la hormiga *Crematogaster* sp puede contribuir en el mejoramiento del éxito reproductivo de las plantas de café.

6. CONCLUSIONES

Las especies vegetales empleadas como árboles de sombrío son muy importantes por que brindan recursos alimenticios y sitios de anidación para el establecimiento de la comunidad de hormigas.

Los géneros encontrados en los dos sitios de estudio *Crematogaster* sp., *Camponotus* sp. y *Pheidole* sp. Son una herramienta fundamental para emplearse como agentes de control biológico en este tipo de agroecosistemas.

La conservación de especies vegetales empleadas como árboles de sombrío en este tipo de agroecosistemas es esencial para el ensamblaje de insectos benéficos, el establecimiento de redes tróficas y el mantenimiento de la diversidad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los propietarios de la finca Ensueño mantener los árboles de sombrero de *Inga* spp para conservar la presencia de hormigas de los géneros *Azteca*, *Camponotus*, *Wasmannia*, *Pheidole*, *Crematogaster*, *Neivamyrmex* y para la finca el Progreso podrían aumentar la densidad por hectárea de siembra de los árboles de guamo para brindar sitios de anidación para el establecimiento de las hormigas de los géneros *Odontomachus*, *Gnamptogenys*, *Crematogaster* y otros géneros para controlar plagas como la broca en el cultivo de café.

Se requiere continuar con estudios experimentales en campo en donde se evalué la tasa de depredación de algunos de los géneros de hormigas presentes en los árboles de *Inga* sobre insectos plaga en los agroecosistemas. Se recomienda además cuantificar la relación entre la tasa de forrajeo de hormigas arbóreas y el volumen de néctar segregado y su calidad nutritiva.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, G.; ARMBRECHT, I.; JIMENEZ, E.; ARMBRECHT, H.; ULLOA – CHACON, P. 2001. Ant – plant association in two *Tococa* species from primary rain forest of Colombian Chocó (Hymenoptera). *Sociobiology*, 38: 585-602.

ALCALDIA DE POPAYAN. 2002. Plan de ordenamiento territorial 2002-2011. Cap1. Dimensión ambiental. 5 – 351.

APPLE, J & FEENER, D.H. 2001. Ants visitation of extrafloral nectaries of *Passiflora*: the effects of nectary attributes and ant behavior on patterns in facultative mutualism. *Oecologia*, 127: 409- 416.

ARMBRECHT, I & PERFECTO, I. 2003. Litter twig dwelling ants species richness and predation potencial within a forest fragment and neighboring coffe plantations of contrasting habitat quality in México. *Agriculture, ecosystems and environment*, 97: 107-115.

ASQUITH, N.2002. La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. En *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Guariguata. M y Kattan. G (eds). Libro Universitario Regional, Editorial tecnológica de Costa Rica. 377-406 p.

BARRERA, J. F. 2007. Introducción, filosofía y alcance del control biológico, pp. 1-18. En: L. A. Rodríguez-del-Bosque y H. C. Arredondo-Bernal (eds.), *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.

BARBERA, N; HILJE, L; HANSON, P; LONGINO, J; CARBALLO, M; DE MELO, E. 2004. Diversidad de especies de hormigas en un gradiente de cafetales orgánicos y convencionales. Manejo de plagas y Agroecología, 72: 60-71. Costa Rica.

BEATTIE, A.J. 1985. The evolutionary ecology of ant plant mutualism. Cambridge, University Press. 182 p.

BENTLEY, B. 1976. Plants bearing Extrafloral nectaries and the associated ant community: interhabitat differences in the reduction of herbivore damage. Ecology, 57:815: 820.

BENTLEY, B. 1977. Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards. Annual Review of Ecology and Systematics 8, 407: 427.

BESTELMEYER,B; ANGOSTI,D; ALONSO, L; BRANDÃO, C; BROWN, W; DELABIE, J; SILVETRE,R.2000 Field techniques for the study of ground dwellings ants : An over view ,description and evaluation. In ants, standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institute.122-269.

BRANDÃO, C. 2007. Prólogo. En Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Jiménez., E, Fernández., F, Arias., T, Lozano., F. (eds) .Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.Colombia. IX.

BRENES – ARGUEDAS, T; COLEY, P; KURSAR, T. 2008. Divergence and diversity in the defensive ecology of *Inga* at two neotropical sites. Journal of Ecology, 96:127-135.

BRONSTEIN, J. 1998. The contribution of ant plant protection studies to our understanding of mutualism. *Biotropica*, 30(2): 150-161.

BROUAT, C; GARCÍA, N; ANDARY, C; MCKEY, D. 2001. Plant lock and they pairwise coevolution of an exclusion filter in ant plant –mutualism. *Proc. R. Sec. Lond. B*, 268: 2131-2141.

BUCKLEY, R.C. 1987. Interactions involving plants, homóptera, and ants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: 111-135.

BUSTILLO, A; CARDENAS, R; POSADA, F. 2002. Natural enemies and competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) coleóptera scolytidae in Colombia. *neotropical entomology*, 31(4):635 - 639.

CEDEÑO, A; MÉRIDA, T; ZEGARRA, J. 1999. Ants gardens of Surumoni, Venezuela. *Selbyana*, 20(1): 125-132.

COGNI, R; RAIMUNDO R. L, G & FREITAS, A. 2000. Daily Activity of ants associated with the extrafloral nectaries of *Turnera ulmifolia* L., (Turneraceae) in a suburban area in southeast Brazil. *Entomologist's Montly Magazine* 7, 136:141-147.

COGNI, F & FREITAS, A. 2002. The ant assemblage visiting extrafloral nectaries of *Hibiscus pernambucensis* (malvaceae) in mangrove forest in southeast Brazil (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 40 (2):373-383.

COGNI, R.; FREITAS, A.; OLIVEIRA, P. 2003. Interhabitat differences in ant activity on plant foliage: ants at extrafloral nectaries of *Hibiscus*

pernambucensis in sandy and mangrove forests. *Entomologia experimentalis et Applicata* 107:125-131.

COLWELL, R. 1997. EstimateS: Statical Estimation of Species Richness and Shared Species from Simple. Version 6.1 User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

CRUZ, M & CASTRO, L. 2008. Plan de interpretación ambiental para el jardín botánico de la Universidad del Cauca Álvaro José Negret. Popayán, Trabajo de grado (bióloga). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. 149 p.

CUSHMAN, J.H; BEATTIE, A.J.1991. Mutualism: assessing the benefits to host and visitors. *Tree*, 6(6): 193- 195.

DAVIDSON, D.W. 1988. Ecological Studies of Neotropical ant- gardens. *Ecology*, 69(4): 1138-1152.

DAVIDSON, D.W & MCKEY, D.1993. The evolutionary Ecology of symbiotic ant – plant relationships. *Journal of Hymenoptera Research*, 2: 13 – 83.

DELABIE, J. C; OSPINA, M.; ZABALA, G. 2003. Relaciones entre las hormigas y las plantas: una introducción. En introducción a las hormigas de la región tropical. Fernández. F. (ed). Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.Colombia. 167 -180.

DEL CLARO, K.; BERT, B.; REÚ, W. 1996. Effect of herbivore deterrence by ants on the fruit set on an extrafloral nectary plant, *Qualea multiflora* (Vochysiaceae). *Journal of Tropical Ecology*, 12:887-892.

DE LA FUENTE, M & MARQUIS, R. J. 1999. The role of ant tended extrafloral nectaries in the protection and benefit of a neotropical rainforest tree. *Oecologia*, 118: 192 -202.

DEJEITO LORDON, C; DEJEAN, A. 1999. Tropical arboreal ants: innate attraction and imprinting determine nest site selection in dominant ants. *Behav. Ecol. Sociobiol*, 45: 219-225.

DEJEAN, A.; CORBARA, B.; FERNANDEZ, F.; DELABIE, J. 2003. Mosaico de hormigas arbóreas en bosques y en plantaciones tropicales. En introducción a las hormigas de la región tropical. Fernández. F. (ed). Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia.

DIAZ CASTELAZO, C., V. RICO-GRAY, P.S. OLIVEIRA y M. CUAUTLE. 2004. Extrafloral nectary-mediated ant-plant interactions in the coastal vegetation of Veracruz, México: Richness, occurrence, seasonality, and ant foraging patterns. *Écoscience* 11(4): 472- 482.

DO NASCIMENTO, E & DEL CLARO, K. 2010. Ant visitation to extrafloral nectaries decreases herbivory and increases fruit set in *Chamaecrista debilis* (Fabaceae) in a Neotropical savanna. *Flora*, 205: 754 – 756.

DYER, L.A. 2002. A quantification of predation rates, indirect positive effects on plants, and foraging variation of the giant tropical ant, *Paraponera clavata*. *Journal of Insect Science*, 2:18.

FERNANDES, W.; OLIVEIRA, P.; CARVAHLO, S.; HABIB, M. 1994. *Pheidole* ants as potential control agents the boíl weevil *Anthonomus grandis* (Col, curculionidae) in southeast Brazil. J.Appl.Ent: 437: 441.

FERNANDEZ, F & OSPINA, M. 2003. Sinopsis de las hormigas de la región Neotropical. En introducción a las hormigas de la región tropical. Fernández. F. (ed). Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia.49 -64.

FRANCO, A.; CARDENAS, R.; MONTOYA DE POLANIA. I. 2003. Hormigas asociadas a insectos chupadores de la parte aérea del cafeto. Revista Colombiana de Entomología, 29: 95-105.

GALLEGO, M.C & ARMBRECHT, I. 2005. Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. Manejo Integrado de plagas y agroecología, 76: 32- 40.

GALLEGO, M.C.; MONTOYA, J.; ARMBRECHT, I. 2009. ¿Es la sombra benéfica para la diversidad de hormigas y peso del café? Una experiencia en Pescador, Cauca, Colombia. Bol. Cient. Mus.Hist.Nat. 13(2): 106-116.

GENTRY, A. 1993. A field guide to the families and genera. Woody plants on northwest south Americ. Conservation International. Washington D.C. 895p.

GOITIA, W & JÁFFE, K. 2009. Ant plant associations in different forest in Venezuela. Neotropical Entomology, 38(1): 7- 31.

HANDEL, S & BEATTIE, A.1990. Seed dispersal by ants. *Scientific American*. Agust. 76-83.

HÖLLDOBLER, B & WILSON, E. 1990. *The ants*. The Belknap press of Harvard University Press, Cambridge, Massachussetts.

HOLDRIDGE, L.1977. *Ecología basada en las zonas de vida*. Instituto interamericano de ciencias agrícolas. San José. Costa Rica.

IBARRA – NUÑEZ, G; GARCÍA, J; MORENO, M. 1990. Diferencias entre un cafetal orgánico y uno convencional en cuanto a diversidad y abundancia de dos grupos de insectos. En *Memorias primera conferencia internacional IFOAM sobre café orgánico*, 115- 129. Universidad autónoma Chapingo. México.

INSTITUTO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 2010. *Mapas de Colombia*. Departamento del Cauca. <http://www.lgac.gov.co>.

ITINO, T.; DAVIES, S.; TADA, H.; HIEDA, Y.; INOBUCHI, M.; ITIOKA, T.; YAMANE, S.; INOUE.T. 2001. Cospeciation of ants and plants. *Ecological Research*, 16: 787-793.

JAFFÉ, K. 2004. *El mundo de las hormigas*. Equinoccio ed. Universidad Simón Bolívar; fundación polar. Caracas. 148 p.

JANZEN, D. 1966. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. *Evolution*, 20(3): 249-275.

JONSSON, M.; WRATTEN, S.; LANDIS, D.; GURR, G. 2008. Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological Control*, 45:172-175.

KATTAN, G. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. En *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Guariguata, M y Kattán, G (eds). Libro Universitario Regional, Editorial tecnológica de Costa Rica. p561-584.

KATTAN, G.; MURCIA, C.; ALDANA, R.; USMA, S. 2008. Relaciones entre hormigas y melastomátáceas en un bosque lluvioso del pacífico colombiano. *Boletín del museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 9(1): 1 -10.

KAUFMANN, E & MASCHWITZ, U. 2006. Ants –gardens of tropical Asian rain forests. *Naturwissenschaften*, 93: 216-227.

KOPTUR, S. 1984. Experimental evidence for defense of *Inga* (mimosoideae) saplings by ants. *Ecology*, 65(6):1787-1793.

KOPTUR, S. 1985. Alternative defenses against herbivore in *Inga* (Fabaceae: Mimosoideae) over an elevational gradient. *Ecology*, 66(5):1639—1650.

KOPTUR, S. 1992. Extrafloral nectary – mediated interactions between insects and plants. En: *insects' plant interactions*, ed. EA. Bernays, 4:81 – 129. Boca Raton.FL; CRC Press.

KOPTUR, S. 2005. Nectar as fuel for plant protection in *Plant-Provided Food and Herbivore–Carnivore Interactions*, ed. F. L. Wackers, P. C. J. van Rijn, and J. Bruin. Published by Cambridge University Press.

LEAL, I.; FISCHER, E.; KOST, C.; TABALLERII, M; WIRTH, R. 2006. Ant protection against herbivores and nectar thieves in *Passiflora coccinea* flowers. *Ecoscience*, 13(4): 1431-1438.

LONGINO, J. 1989. Geographic variation and community structure in ant – plant mutualism: Azteca and Cecropia. *Biotropica*, 21(2): 126-132.

LONGINO, J.T 2004. Picture guide to the ants genera of Costa Rica. <http://academic.evergreen.edu/projects/ants/genusguide/poncommon.html>

LONGINO, J.T. & R.R.SNELLING. 2002. A taxonomic revision of the *Procryptocerus* (Hymenoptera: Formicidae) of central America. *Contributions in science*, Natural History Museum of Los Angeles County, 495: 1-30.

MACKAY, W. P., AND E. E. MACKAY. 2002. *Ants of New Mexico; Hymenoptera: Formicidae*. The Edwin Mellen Press, Lewiston, NY, 408 p.

MAGALON, P; GARCIA-MIRAGAYA.J; SANCHEZ.S; CHACON.N; ARAUJO.J.1996. Nitrógeno potencialmente disponible en los suelos de cafetales bajo diferentes árboles de sombra. *Agronomía Tropical*, 47(1):87-102.

MARÍN, O & GARCÍA, R. 2008. Artropofauna asociada al Guamo *Inga edulis* (Fabales: Mimosaceae) en un agroecosistema ganadero del Quindío, Colombia. *Rev. Asoc. Col. Biol. (Col)*, 20:117 -129.

MERA-VELASCO, Y. A.; GALLEGO-ROPERO, M. C.; ARMBRECHT, I. 2010. Asociaciones entre hormigas y otros insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 36(1):116-126.

MOGUEL, P & TOLEDO, V. 1999. Biodiversity conservation in traditional Coffe systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13 (1): 11-21.

ORIVEL, J; DEJEAN, A; ERRARD, C. 1998. Active role of two Ponerinae in the elaboration of ant gardens. *Biotropica*, 30(3): 487-491.

PALACIO, E & FERNANDEZ, F. 2003. Capitulo 15. Claves para subfamilias y géneros. En introducción a las hormigas de la región tropical. Fernández. F. (ed). Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.Colombia. 233 -259.

PECK, A. 2001.Benefits and roles of ant plant mutualism en http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en507/papers_2001/peck.htm.

PERFECTO, I & SNELLING, R.1995.Biodiversity and transformation of a tropical agroecosystems: ants in coffee plantations. *Ecological Applications*, 5(4):1084-1097.

PERFECTO, I; RICE, R; GREENBERG, R; VANDER VOOR, M. 1996. Café de sombra. Un refugio de biodiversidad en vías de desaparición. *Bioscience*, 46 (8): 598-668.

PERFECTO, I & ARMBRECHT, I. 2003. The coffee agroecosystem in the Neotropics: combining ecological and economic goals.*Tropical agroecosystems*. Ed J. Vandermeer. CRC Press, Washington.

PERFECTO, I; MAS, A; DIETSCH, T; VANDERMEER, J. 2003. Conservation of biodiversity agroecosystems: a tri taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 12: 1239-1252.

PERFECTO, I & VANDERMEER, J. 2006. The effect of an ant-hemipteran mutualism on the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 117 (2006) 218–22.

RAMIREZ, M; CHACÓN, P; ARMBRECHT, I; CALLE, Z. 2000. Contribución al conocimiento de las interacciones entre plantas, hormigas y homópteros en bosques secos Colombia. *Caldasia*, 23(2): 523-536.

RICO-GRAY, V & OLIVEIRA, P. 2007. The ecology and evolution of ant plant Interactions. The University of Chicago. 331p.

RISCH, S & CARROLL, R. 1982. The ecological role of ants in two Mexican agroecosystems. *Oecologia*, 55:114-119.

ROSKOSKI, J. P. 1982. Nitrogen fixation in a Mexican coffee plantation. *Plant and Soil*, 67:283-291.

RUDGERS, J & GARDENER, M. 2004. Extrafloral néctar as a resource mediating multispecies interactions. *Ecology*, 85 (6): 1495 -1502.

SANS, F. X. 2007. la diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas*, 16(1): 44-49 en <http://www.Revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=463>.

SCHMIT, V & BLÜTHGEN, N. 2007. Ants gardens epiphytes are protected against drought in Venezuelan lowland rain forest. *Ecotrópica*, 13(2): 93-100.

SARMIENTO, F. 2001. Diccionario de Ecología: paisajes, conservación y desarrollo sostenible para Latinoamérica. Ediciones Abya – Yala, Quito: CLACS – UGA, CEPEIGE, AMA.

SILVESTRE, R; BRANDÃO, C.R.F; DA SILVA R. R. 2003. Capítulo 7. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. En introducción a las hormigas de la región tropical. Fernández. F. (ed). Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia. 113 -148.

SYMONDSON, W; SUNDERLAND, K; GREENSTONE, M. 2002. Can Generalist Predators be Effective Biocontrol Agents? Annu. Rev. Entomol.47:561:94.

SOBRINHO, T; SCHOEREDER.J; RODRIGUES.L; COLLEVATTI.R. 2002. Ant visitation (hymenoptera) to extrafloral nectaries increases seed set and seed viability in the tropical weed *Triumfetta semitriloba*. Sociobiology 39(2): 353-368.

STUART, R; JACKSON, I; MECOY, C. 2003. Predation on neonate larvae of *Diaprepes abbreviatus* Coleoptera: Curculionidae in Florida citrus: testing for daily patterns of neonate drop, ants and chemical repellency. The Florida Entomologist 36(1): 61-72.

TORRES, L; RICO-GRAY, V; CASTILLO, C; VERGARA, J. 2000. Effect of nectar foraging ant and wasp on the reproductive fitness of *Turnera ulmifolia* (Turneraceae) in a coastal sand dune in México. Acta Zoologica Mexicana, 81: 13-21.

VANDERMEER, I; PERFECTO, I; IBARRA-NUÑEZ, G; PHILPOTT, S; GARCÍA-BALLINAS. 2002. Ants (*Azteca* sp) as potencial biological control agents in shade coffee production in Chiapas, Mexico. *Agroforestry systems*, 56:271 -276.

VAN MELE, P & NGUYEN, T.2001. Farmers' Perceptions and Practices in Use of *Dolichoderus thoracicus* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) for Biological Control of Pests of Sapodilla. *Biological Control* 20(1):23- 29.

VAN MELE, P.; CUC, N; VAN HUIS, A. 2001. Farmers' knowledge, perceptions and practices in mango pest management in the Mekong Delta, Vietnam. *International Journal of Pest Management*, 47(1): 7-16.

VEGA, E.; INFANTE, F.; CASTILLO, A.; JARAMILLO, J. 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleóptera: curculonidae) a short review with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2: 129 -147.

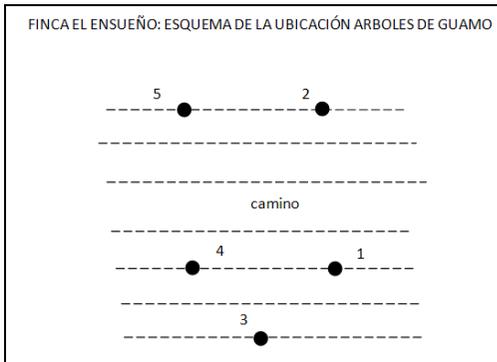
VILLAREAL,H.;ÁLVAREZ,M.CÓRDOBA,S.;ESCOBAR,F;FAGUA,G;GAST,F.; MENDOSA,H.,OSPINA,M.;UMAÑA,A,M 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Insectos. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia. 1541-183.

WAY, M & KHOO, K. 1992. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology*, 37:479-503.

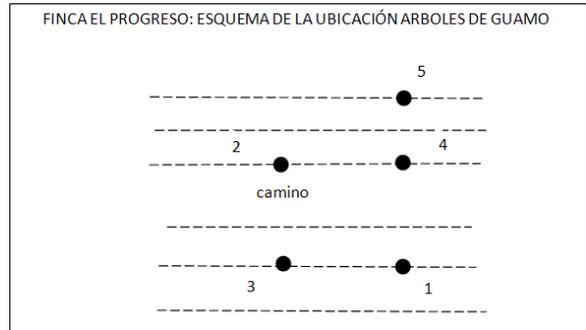
ANEXOS

Anexo

Esquema 1. Distribución árboles *Inga sp*



Esquema 2. Distribución árboles *Inga sp*



Fotografía 1. Cafetal Finca el Ensueño



Fotografía 2. Cafetal Finca el Progreso



Fotografía 3. Hormiga *Crematogaster* sp sobre nectario extrafloral de guamo



Fotografía 4. Hormiga *Camponotus* sp1 sobre nectario extrafloral de guamo



Fotografía 5. Hormiga *Nesomyrmex asper*



