

**INTERACCIONES DE HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) E INSECTOS
ESCAMA (HEMIPTERA: COCCOIDEA) EN SISTEMAS CAFETEROS, VEREDA
VILLANUEVA POPAYÁN CAUCA**



DIANA MARCELA QUINTERO MUÑOZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2019**

**INTERACCIONES DE HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) E INSECTOS
ESCAMA (HEMIPTERA: COCCOIDEA) EN SISTEMAS CAFETEROS, VEREDA
VILLANUEVA POPAYÁN CAUCA**

**INFORME DE TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGA**

DIANA MARCELA QUINTERO MUÑOZ

**DIRECTOR
YAMID ARLEY MERA VELASCO, MSc.**

**CODIRECTOR
MARÍA CRISTINA GALLEGO ROPER, Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Yamid Arley Mera Velasco
Director

María Cristina Gallego Roperó
codirector

James Montoya Lerma
Evaluador

Anderson Muñoz
Evaluador

Popayán, XX de octubre del 2019.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por sostenerme durante este largo camino.

A mis padres por su apoyo incondicional durante toda mi carrera, a mi abuela, por sus sabias palabras y consejos, a mis hermanos por su amor y acompañamiento.

A mi familia, Luciana y Jhonatan por ser mi motivación, gracias por el amor y gran apoyo.

A mi director Yamid Arley Mera, por el apoyo, comprensión, enseñanzas y paciencia durante este proceso.

Al doctor Demian Takumasa Kondo por su apoyo en la identificación del material recolectado.

A mi codirectora María Cristina Gallego, por creer en mí, confiar y ser ejemplo de disciplina y resiliencia. Gracias por la paciencia.

A mis ayudantes de campo por la disposición, ayuda y colaboración durante las largas horas en campo.

A los dueños de las fincas, Don Arturo, Don Jaime, Don David, Don Nubio y Doña Laura por abrir sus puertas para la realización de este trabajo.

Al grupo de semillero de investigación de diversidad funcional y servicios ecosistémicos, por lo aprendido y compartido.

A mis amigas Laura, Heidi, Sandra, Lindalia por su apoyo, alegrías y momentos vividos.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. PLANTEAMIENTO PROBLEMA	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4 .OBJETIVOS.....	16
4.1 Objetivo general.....	16
4.2 Objetivos específicos	16
5. MARCO TEÓRICO	16
5.1 Sistemas productivos cafeteros.....	16
5.2 Hormigas	18
5.3 Insectos escama	19
5.4 Interacción entre hormigas y hemípteros:.....	21
5.4.1 Trofobiosis facultativa	21
5.4.2 Depredación	21
5.4.3 Mutualismo obligado	22
5.5 Interacción planta - hormiga – hemíptero	22
6. ANTECEDENTES	23
7. MATERIALES Y MÉTODOS	27
7.1 Área de estudio.....	27
7.2 Método de muestreo	27
7.3 Recolecta de material.....	28
7.4 Descripción y cuantificación de las relaciones entre las hormigas y los insectos escama.	29
7.5 Procesamiento e identificación taxonómica de las muestras biológicas	29

7.6 Análisis de datos	30
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
8.4 Riqueza y abundancia relativa de hormigas e insectos escama	30
8.4.1 Hormigas	30
8.1.1.1 Curvas de acumulación de especies	33
8.1.2 Insectos escama	34
8.1.2.1 <i>Alecanochiton marquesi</i> (Hempel, 1921)	37
8.2 Descripción de asociaciones	38
8.2.1 Mutualismo	39
8.2.2 Comensalismo	42
8.2.3 Depredación	43
8.3 Frecuencia de ocurrencia de insectos escama en la planta de café	44
8.3.1 Por estrato arbóreo	44
8.3.2 Por estructura de la planta	45
8.4 Frecuencia de asociaciones	46
8.4.1 Por estrato arbóreo	47
8.4.2 Por estructura de la planta	47
8.4.3 Por subfamilia de hormigas por tipo de cultivo	48
8.4.4 Por especie de hormigas en los dos tipos de cultivo	49
8.4. Por familia y especie de insectos escama en los dos tipos de cultivo	51
9. Composición de especies y variables ambientales	52
9.1 Composición de hormigas	52

9.2 Composición de escamas	54
10. Hormigas sin asociación en la parte aérea del cafeto	55
10. CONCLUSIONES	57
11. BIBLIOGRAFIA	59

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Frecuencia de asociaciones totales entre insectos escama y hormigas registradas en campo.....	64
Anexo 2. Frecuencia de ocurrencia de la asociación de tipo mutualista	66
Anexo 3. Frecuencia de asociación comensalista.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación de las cinco grandes clases de sistemas de cafetales en América Central y en México tomado de Moguel y Toledo (1999).	18
Figura 2. Ubicación de la zona de muestreo, vereda Villanueva del corregimiento La Rejoja, municipio de Popayán, Cauca.....	27
Figura 3. Ejemplificación de la forma y distribución de los bloques para los dos tipos de cultivo.	28
Figura 4. Frecuencia de ocurrencia total de hormigas en las fincas muestreadas a). cultivo con sombra asociada b). libre exposición).	31
Figura 5. a). Abundancia y b). riqueza de hormigas en los dos tipos de cultivo.	33
Figura 6. Curva de acumulación de especies de hormigas en la parte aérea de cafetos a libre exposición.....	33
Figura 7. Curva de acumulación de especies de hormigas en la parte aérea de cafetos con sombrero asociado.	34
Figura 8. a). Abundancia y b). riqueza de insectos escama en los dos tipos de cultivo.	36
Figura 9. Asociación entre: a). <i>Solenopsis geminata</i> , <i>Akermes</i> sp. y <i>Dysmicoccus brevipes</i> ; b). Nido satélite con <i>Solenopsis geminata</i> y <i>Planococcus citri-minor</i> ; c). Nido satélite con <i>Solenopsis geminata</i> y <i>Dysmicoccus brevipes</i> ; d). <i>Alecanochiton marquesi</i> y <i>Linepithema neotropicum</i> en la rama parte basal; e). <i>Solenopsis geminata</i> y <i>Akermes</i> sp. en tallo parte media; f). <i>Solenopsis geminata</i> y <i>Dysmicoccus brevipes</i> en rama parte media; g). <i>Wasmannia auropunctata</i> y <i>Akermes</i> sp. en el tallo parte media; h). <i>Crematogaster</i> sp.1 y <i>Akermes</i> sp. en el tallo parte media.	41
Figura 10. Asociación entre: a) <i>Pheidole Radoszkowskii</i> y <i>Alecanochiton marquesi</i> , parte media de la planta en pedúnculo; b) <i>Coccus viridis</i> en el fruto parte basal; c) <i>Wasmannia auropunctata</i> y <i>Dysmicoccus brevipes</i> en el tallo de la parte basal.....	43
Figura 11. Frecuencia de asociaciones por tipo de cultivo.	46

Figura 12. Frecuencia de asociaciones por estructura de la planta.	48
Figura 13. Escalamiento multidimensional no métrico de la composición de hormigas en los sistemas de cultivo. Valor de stress 0,147.....	53
Figura 14. Escalamiento multidimensional no métrico de la composición de insectos escama en los sistemas de cultivo. Valor de stress 0,171.	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Abundancia de insectos escama por tipo de sistema.....	37
Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia de insectos escama por estrato arbóreo (apical, medio y basal).....	45
Tabla 3. Frecuencia de insectos escama por estructura de la planta de café.....	46
Tabla 4. Frecuencia de asociaciones por estrato arbóreo.....	47
Tabla 5. Frecuencia de asociaciones por subfamilia de hormigas en los dos tipos de cultivo.....	49
Tabla 6. Frecuencia de asociaciones por especie de hormigas en los dos tipos de cultivo.....	50
Tabla 7. Proporción de asociaciones de insectos escama (familia y especie) en los dos tipos de cultivo.....	51
Tabla 8. Valores de significancia de variables ambientales en hormigas.....	53
Tabla 9. Valores de significancia de variables ambientales en insectos escama.....	55
Tabla 10. Hormigas que no presentaron asociación con insectos escama en la parte aérea del cafeto.....	56

RESUMEN

El café es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social en Colombia, uno de los países con gran extensión de zonas cafeteras. Esta intensificación agrícola impacta la biodiversidad al disminuir la cobertura vegetal dentro de los cultivos, reduciendo el número de especies animales y a su vez al afectar las interacciones que surjan entre ellos. Uno de los organismos más abundantes en los agroecosistemas son las hormigas, que puede afectar, directa o indirectamente, las plantas de café al estar solas o asociadas a otros insectos como hemípteros, específicamente insectos escama (Superfamilia: Coccoidea), que se alimentan del floema de las plantas, al succionar su savia y a su vez inyectando en ocasiones, virus. Estos insectos, al ser protegidos o asistidos por hormigas, pueden aumentar su población y ocasionar daños a la planta, afectando la productividad y, por consiguiente, provocar pérdidas económicas. El objetivo de este estudio fue describir las interacciones entre hormigas e insectos escama en cuatro plantaciones de café, con y sin presencia de árboles de sombra, en la vereda Villanueva, municipio de Popayán, departamento del Cauca; En cada plantación se seleccionaron 10 bloques, cada uno conformado por cinco plantas de café, la recolecta se efectuó en la parte aérea del cafeto, identificando las hormigas e insectos escama así como las interacciones entre estos organismos. Las observaciones fueron realizadas durante tres meses cada dos semanas, por un tiempo estimado de 8 minutos/planta. Se encontraron cinco subfamilias: Formicinae, Myrmicinae, Dolichoderinae, Ponerinae y Pseudomyrmecinae distribuidas en 32 especies de hormigas y cuatro familias de insectos escama: Coccidae, Pseudococcidae, Diaspididae y Ortheziidae con 14 especies. Las interacciones estuvieron agrupadas en tres tipos: mutualismo, comensalismo y depredación. La asociación que predominó fue comensalismo (52,41%) seguida de mutualismo (47,47%). Los insectos escama más frecuentes en el café fueron *Alecanochiton marquesi*, que representa el primer reporte para cultivos de café en Colombia, seguida de *Dysmicoccus brevipes*, *saissetia neglecta* y *Akermes* sp. Mientras que las hormigas con mayor porcentaje de asociaciones fueron *Pheidole radoszkowskii* (38,49%) *Solenopsis geminata* (21,59%) y *Linepithema neotropicum* (21,20%). De forma general, Se encontró una mayor riqueza de insectos en cultivos con sombra asociada, mientras que la frecuencia de asociaciones fue mayor para cultivos a libre exposición que aquellos que presentaron sombra.

1. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L. Rubiaceae) es un cultivo de gran importancia comercial en Colombia, ubicando al país como tercer productor mundial, después de Brasil y Vietnam (ICO, 2017). La transformación de paisajes y la intensificación de los monocultivos ha sido una de las principales razones de la pérdida de biodiversidad, cambios en la estructura vegetal entre otros (Guhl, 2004).

Este panorama sumado a prácticas agrícolas inadecuadas ocasionan una disminución de la biodiversidad al favorecer, además, la proliferación de plagas y enfermedades, facilitando la colonización de especies invasoras, lo cual afecta la productividad de manera negativa (Pimentel *et al.*, 1997).

Dentro de la biodiversidad que existe en los cafetales las hormigas hacen parte de un grupo importante de la fauna insectil (Franco, Cárdenas, Montoya, & Zenner, 2003), al ejercer funciones importantes como movimiento del suelo, semillas y depredación (Hölldobler & Wilson, 1990) además de ayudar como agentes de control biológico de plagas y en el mantenimiento de la dinámica natural de los ecosistemas (Gallego-Ropero & Armbrrecht, 2005). Sin embargo, las hormigas suelen estar asociadas con otros organismos como los hemípteros, muchos de los cuales se han ganado la reputación de ser las peores plagas del mundo, pues al ser fitófagos, extraen savia de la planta, dañan tejidos vegetales, e inyectan toxinas o virus (Buckley, 1987; Carver, Gross, & Woodward, 1991; Gullan, 1997; Way, 1963). Esta asociación, conocida como trofobiosis, es la relación mutualista y convergente que existe entre hormigas y algunos hemiptera, donde la excreción de “rocío de miel” por parte de hemípteros, la cual es una mezcla compleja de carbohidratos solubles en agua, predispone a las hormigas de aprovechar estos desechos como fuente de alimento (Fernández & Delabie, 2003). Por lo anterior, la protección o asociación que les dan a estos insectos las hormigas, pueden influenciar su proliferación y a su vez la afectación en la planta de café.

De esta forma, frente a la intensificación de la agricultura y la importancia económica que representa para las familias campesinas el cultivo de café, se hace imprescindible la búsqueda de información base que permita conocer y entender las relaciones ecológicas (planta- insectos escama- hormiga) para contribuir en la toma de decisiones,

que permitan generar alternativas de manejo de estos potenciales insectos “plaga” y/o su proliferación en la caficultura colombiana.

2. PLANTEAMIENTO PROBLEMA

El café tradicionalmente se cultivó bajo un dosel de árboles de sombra, sin embargo, este tipo de cultivo se ha venido reemplazando por cultivos de café con ninguna o poca sombra, evidenciándose que al disminuir la sombra de los árboles se reduce la complejidad estructural del cultivo, se disminuye los nichos ecológicos para la fauna asociada (aves, mamíferos, artrópodos, anfibios y otros organismos) cambiando el microclima, lo cual genera condiciones que favorecen la presencia de diferentes tipos de “plagas” que repercuten negativamente sobre la productividad del cultivo (Perfecto, Rice, Greenberg, & Van der Voort, 1996; Sánchez Rojas, Hartman Ulloa, & Almonacid Márquez, 2012).

Algunas de las “plagas” agrícolas más importantes a nivel mundial pertenecen al orden Hemiptera, estos insectos son visitantes obligados de plantas anuales o perennes debido a su hábito fitosuccivoro exclusivo (Gullan & Martin, 2003) y presentan diferente grado de especialización con sus huéspedes (Fernández & Delabie, 2003). En el caso de insectos escama (Superfamilia: Coccoidae), se consideran “plagas” potenciales, pues debido a su hábito alimenticio extraen savia de la planta hospedera, dañan tejidos y/o inyectan toxinas o virus en varias especies vegetales de importancia económica como el café (Buckley, 1987; Way, 1963).

Por otro lado, las hormigas más comunes que aprovechan la excreción, rocío de miel o ligamaza de algunos insectos escama generalmente pertenecen a las subfamilias Dolichoderinae, Formicinae o Myrmicinae (Hölldobler & Wilson, 1990) consiguiendo establecer relaciones mutualistas conocidas como trofobiosis (Way, 1963). Este comportamiento ha llamado la atención de distintos investigadores (Buckley, 1987; Perfecto *et al.*, 1996; Fernández & Delabie, 2003; Franco *et al.*, 2003; Armbrrecht, Rivera, & Perfecto, 2005) quienes han centrado sus estudios en la afectación directa e indirecta a la planta hospedera, teniendo en cuenta grados de afectación y mecanismos de adaptación morfológica. De igual modo, se ha evidenciado un control por parte de las hormigas, pues los insectos escama pueden constituir una fuente estable de nutrientes para ellas (Fernández & Delabie, 2003).

De esta forma y considerando la constante ampliación de la frontera agrícola, así como la disminución de sombrero y el creciente uso de agroquímicos en los cafetales, es de gran interés, conocer cómo se desarrollan las interacciones entre estos dos grupos de insectos, cómo varían en las estructuras aéreas de la planta de café y cuáles son sus posibles implicaciones económicas y ambientales.

3. JUSTIFICACIÓN

El café es actualmente uno de los bienes primarios más negociados alrededor del mundo, siendo América Latina el mayor productor, con el 61% del café mundial (ICO, 2009). Colombia contribuye con cerca del 31,4% que representa el 26% de las exportaciones agropecuarias y agroindustriales (Forero, 2012). Sin embargo, es considerado como uno de los casos más ejemplares donde se ilustra el efecto de la intensificación de la agricultura sobre la biodiversidad tropical (Armbrecht, Rivera, & Perfecto, 2005; Perfecto *et al.*, 1996).

Así, la importancia social y biológica de los sistemas de producción de café, ha llevado a la necesidad de caracterizarlos para comprender mejor su estructura y funcionamiento, dado que la diversidad biológica asociada al cultivo, influye en la producción y en el mantenimiento de las funciones ecológicas y servicios ecosistémicos como el soporte de la formación del suelo, reciclaje de nutrientes, polinización y control biológico (Cepeda-Valencia, Gómez P, & Nicholls, 2014). De esta forma, el cultivo de café representa un sistema de producción que favorece las relaciones inter e intraespecíficas entre artrópodos, con afectaciones tanto para las plantas como para su producción (Franco *et al.*, 2003)

Un ejemplo de la interacción entre artrópodos y plantas, son las asociaciones hormigas-insectos escama, las cuales tienen efectos en el desarrollo de la planta y, consecuentemente, en su producción. Por esta razón, es importante conocer las diferentes relaciones trofobióticas entre estos insectos, así como el potencial uso como agentes de control biológico de algunas hormigas, las cuales se consideran principales depredadores de insectos e invertebrados pequeños (Franco *et al.*, 2003; Hölldobler & Wilson, 1990).

La intensificación agrícola del café, está ligada a la obtención de una mayor producción, sin embargo el uso o no de sombra al interior del cultivo, se constituyen un tema de debate debido a las ventajas y desventajas de cada práctica ya que los sistemas que están a libre exposición, influyen en la disminución de la competencia por nutrientes, agua, luz y a su vez, en el aumento de una producción neta (Sánchez Rojas *et al.*, 2012). Sin embargo, este tipo de manejo, se ha caracterizado por la disminución en la diversidad asociada y el uso indiscriminado de agroquímicos, debido a esto el uso de sombrío es importante al considerarse como una práctica agroecológica que favorece la biodiversidad y la calidad del grano de café (Perfecto & Vandermeer, 2006).

El departamento del Cauca y más específicamente el corregimiento la Rejoya no ha sido ajeno a diferentes problemáticas fitosanitarias que han traído consigo pérdidas económicas al sector cafetero en las que se han visto inmersos problemas con insectos cochinilla y/o escama (A, Potosí, comunicación personal, 2017), haciendo que se preste especial atención no sólo al tipo de sistema sino a las diferentes prácticas agrícolas que se hacen, influyendo en la ocurrencia tanto de hormigas como de insectos chupadores y su preferencia por diferentes partes de la planta, como frutos, hojas, tallos, raíces, pudiendo convertirse en un problema económico (Caballero *et al.*, 2019; Franco *et al.*, 2003), teniendo presente que en altas concentraciones, estos insectos podrían llegar a ocasionar secamiento y muerte de la estructura en la que se encuentren localizados (Franco *et al.*, 2003).

Debido a esto resulta importante entender las dinámicas ecológicas entre insectos escama y hormigas sobre arbustos de café como línea base en esta zona del país, con el fin de obtener herramientas que aporten a la toma de decisiones y la implementación de prácticas que contribuyan a preservar la biodiversidad funcional dentro de los cafetales y al diseño de posibles estrategias de control de insectos considerados “plaga” como es el caso de las escamas.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Identificar y describir las interacciones mutualismo, comensalismo y/o depredación entre hormigas (Hymenoptera: Formicidae) e insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) en cultivos de café bajo sombra y a libre exposición en la Rejoja, Villanueva, Popayán.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la riqueza, y abundancia relativa de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) e insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) en cultivos de café bajo sombra y a libre exposición en el corregimiento La Rejoja, vereda Villanueva, Popayán.
- Evaluar el cambio en la composición de hormigas en la parte aérea del cafeto en los dos tipos de cultivo.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Sistemas productivos cafeteros

El cultivo de café, representa el segundo generador de divisas para el país, además de ser uno de los productos más negociados alrededor del mundo y uno de los principales productos de América Latina al producir el 61% del café del mundo (ICO, 2009), convirtiéndose en un ingreso económico importante para familias campesinas que se dedican a su producción (Sánchez Rojas *et al.*, 2012). El café pertenece a la familia Rubiaceae, con alrededor de 500 géneros y más de 6000 especies, en su gran mayoría árboles y arbustos (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2010).

Tradicionalmente el café se cultivaba bajo un dosel de árboles de sombra, sin embargo este tipo de cultivo se ha ido reemplazando por cultivos con ninguna o poca sombra, esta disminución de árboles para el sombrío surgió debido a la modernización e intensificación de la producción cafetera en América latina a partir de 1970 (Guhl,

2004), disminuyendo la complejidad estructural del cultivo, cambiando el microclima de los cafetales, acarreando consigo reducción de nichos ecológicos para aves, mamíferos, artrópodos, anfibios y otros organismos (Perfecto *et al.*, 1996).

El departamento de Cauca por su parte es el cuarto productor de café (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2017) a pesar de que sus cultivos se basaban principalmente en el uso de sombra de árboles sobre los cafetos, en los últimos 10 años los cafetales de sol han doblado su extensión en el departamento y casi han nivelado la extensión de los cafetales de sombra (Arenas-Clavijo & Armbrecht, 2018)

De esta forma, y respondiendo a la necesidad de un lenguaje común Moguel y Toledo (1999), popularizaron la tipificación de los cafetales de acuerdo a los sistemas encontrados en México (figura 1). Esta tipificación se basa principalmente en variables relacionadas con la complejidad estructural del sombrío, como la altura que alcanza el dosel y el número de especies arbustivas presentes, dividiendo los cafetales en cinco tipos fundamentales:

- Rústico: son sistemas tradicionales en los cuales los arbustos de café sustituyen al sotobosque. Así, sólo se eliminan los estratos más bajos del bosque o selva.
- Policultivo tradicional: el cafeto se introduce debajo de la cubierta del bosque original y se cultiva junto a numerosas especies de plantas útiles, favoreciendo el crecimiento o la eliminación de ciertas especies.
- Policultivo comercial: incluye sólo especies de sombra introducidas (cultivadas), en el cual, la cobertura forestal ya no se encuentra integrada por árboles nativos, fomentándose arboles de sombra (como muchas plantas leguminosas que aportan nitrógeno al suelo) y/o con algún valor comercial.
- Monocultivo sombreado o sombrío mono específico: Sistema moderno y comercial de producción, en el cual se utilizan sólo leguminosas (*Inga* spp. o *Erythrina* spp.) o plátano para proporcionar sombra a los cafetos. El resultado es un sombrío mono-específico, es decir una plantación de café bajo un dosel igualmente especializado.
- Café de sol: en este sistema no hay sombrío y los arbustos de café están expuestos a la luz solar directa, representa un sistema agrícola que pierde el carácter agroforestal de los sistemas anteriores.

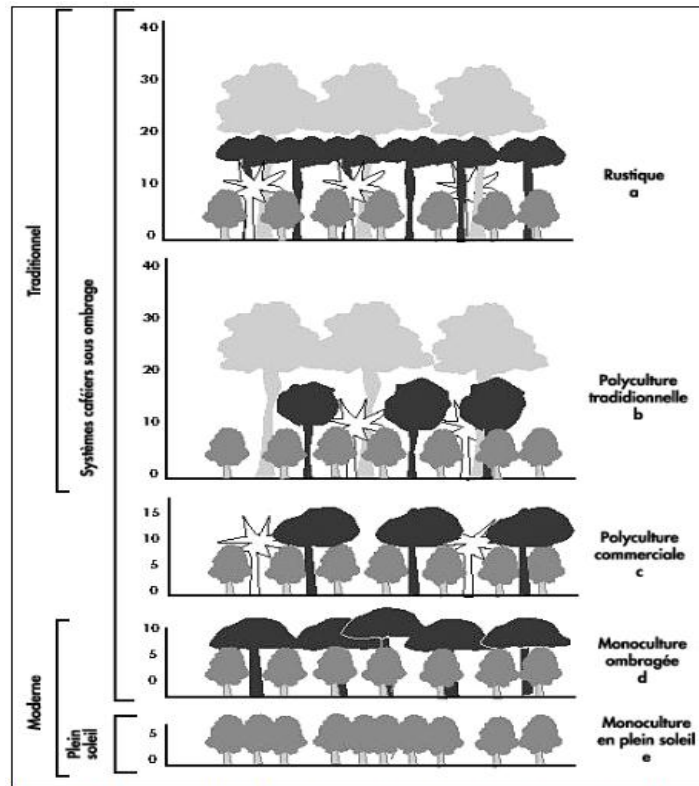


Figura 1. Representación de las cinco grandes clases de sistemas de cafetales en América Central y en México tomado de Moguel y Toledo (1999).

5.2 Hormigas

Las hormigas pertenecen a la familia (Formicidae), orden Hymenoptera (Hölldobler & Wilson 1990). Formicidae en la región Neotropical comprende 14 subfamilias, 142 géneros y aproximadamente 4122 especies de las cuales en Colombia se encuentran 11 subfamilias, 105 géneros, y 1200 especies (Fernández, Guerrero, & Delsinne, 2019). La importancia de los Hymenoptera no solo está en su número, sino en las funciones que desempeñan en la naturaleza (Fernández & Sharkey, 2006). Son insectos dominantes en los ecosistemas tropicales, que influyen en la estructura y dinámica de los suelos (Fernández & Sharkey, 2006). Tanto a nivel individual como colonial estos insectos sociales ofrecen grandes ventajas sobre otros organismos para el estudio de la colonización de nuevos hábitats (Hölldobler & Wilson, 1990)

Las hormigas poseen una variada fuente de alimentación, con especies cazadoras generalistas y especializadas, omnívoras, dependientes de productos vegetales, fungívoras o “ganaderas” recurriendo a excreciones azucaradas provenientes de hemípteros (Fernández & Delabie, 2003). Las hormigas que ofrecen cuidado a coccóideos, frecuentemente incrementan la capacidad de daño que éstos puedan ocasionar, sin embargo algunas hormigas depredadoras que requieren además miel de rocío, como *Oecophylla*, *Dolichoderus* y especies del género *Azteca*, pueden ser usadas como controladores biológicos de ciertos artrópodos e incluso plagas vertebradas (Gullan, 1997).

5.3 Insectos escama

se reconocen tres subórdenes: Sternorrhyncha representado por insectos escama o cochinillas, áfidos o pulgones y moscas blancas; Auchenorrhyncha donde se incluyen cigarras y cicadélidos; y Heteroptera representada por chinches verdaderos (Carver *et al.*, 1991).

El suborden Sternorrhyncha se encuentra dividido en cuatro superfamilias: Aleyrodoidea, Aphidoidea, Psylloidea y Coccoidea (Grazia *et al.*, 2012). En esta última se encuentran los coccóideos o insectos escamas pertenecientes a una de las 32 familias de Hemiptera (Kondo, Gullan, & Williams, 2008). Estos insectos, de distribución mundial, se caracterizan porque afectan tanto plantas cultivadas, ornamentales y vegetación silvestre, convirtiéndose en “plagas” potenciales para cultivos de importancia económica. Según la base de datos de insectos escama del mundo ScaleNet se conocen cerca de 7355 especies, agrupadas en 32 familias (Ben-Dov, 2012; Rafael, Melo, Carvalho, Casari, & Constatino, 2012).

En total en el país se han registrado 216 especies de escamas, agrupadas en 11 familias

Los coccóideos, son insectos pequeños (< 5 mm), por lo general su caracterización se basa en caracteres microscópicos de la hembra adulta. El trabajo en este grupo ha estado dirigido principalmente a las especies de cochinillas que afectan plantas y/o cultivos de importancia económica que con respecto a especies en estado natural (Kondo, 2001). Estos insectos son visitantes obligados de plantas anuales o perennes,

con diferente grado de especialización con sus huéspedes (Fernández & Delabie, 2003).

Se conocen por varios nombres vernáculos, por ejemplo: Las “escamas acorazadas” (Diaspididae), cochinillas (Pseudococcidae), los putoides (Putoidae), escamas suaves (Coccidae), escamas filtro (Eriococcidae), perlas de tierra (Margarodidae), insectos laca (Kerriidae), insectos de cochinilla (Dactylopiidae) y escamas escudo (Ortheziidae) (Kondo et al., 2008).

Estos insectos pueden causar confusión con otros insectos por su diversa morfología, además de su dimorfismo sexual marcado, y taxonomía diferencial en cada estadio de vida. Sin embargo, a nivel general se caracterizan por presentar cabeza y tórax fusionados y una segmentación abdominal, por lo general, sin definir, además poseen dos o tres estados inmaduros y las patas están frecuentemente reducidas o ausentes y para fijarse al hospedero lo hacen utilizando sus estiletes (SEL, 2003). Por su parte, los machos tienen un total de cuatro instares inmaduros, a diferencia de las hembras, éstos no poseen piezas bucales (SEL, 2003) y tienen una vida corta (unos pocos días) con poco tiempo para buscar a la hembra y aparearse (Gullan & Martin, 2003a). En general, son insectos planos, de 1 a 4 mm de diámetro, las ninfas femeninas escogen un sitio del árbol apropiado para alimentarse donde clavan su aparato bucal, se alimentan, mudan y permanecen hasta que mueren (Kondo, 2010).

Para los biólogos y ecólogos evolutivos, los insectos escama han sido frecuentemente objeto de estudio, debido a las relaciones mutualistas que presentan con las hormigas con las que se asocian y la estrecha relación con las plantas hospederas. Aunque existen algunas especies que se alimentan de hongos, la mayoría lo hacen sobre plantas, infestando diferentes partes ellas como hojas, ramas y raíces, por lo cual son consideradas “plagas” importantes en la agricultura, pues pueden causar la muerte de la planta, succionando la savia, inyectando virus o excretando ligamaza, que sirve como medio para el establecimiento de un hongo saprófito como la fumagina (*Capnodium sp.*), que dependiendo de su concentración puede perjudicar la fotosíntesis, la respiración y la transpiración de la planta (Williams & Willink Granara, 1992).

5.4 Interacción entre hormigas y hemípteros:

5.4.1 Trofobiosis facultativa

Se conoce como trofobiosis a las relaciones mutualistas como convergentes entre hormigas y hemípteros (Fernández & Delabie, 2003). Una característica de los hemípteros, es la excreción de “miel de rocío” o ligamaza, la cual es una mezcla compleja de carbohidratos solubles en agua (proporción principal, incluyendo glucosa, sucrosa, fructosa y otros), aminoácidos, aminos, ácidos orgánicos, alcohol, auxinas y sales, muy atractiva para las hormigas como fuente de alimento, al ser de fácil acceso y rico en nutrientes, lo que les representa menor inversión de tiempo y menor gasto de energía en su búsqueda, ya que los insectos escama reaccionan al estímulo que las hormigas realizan con sus antenas (Fernández & Delabie, 2003).

Es posible que la trofobiosis entre hormigas y hemípteros haya comenzado como una relación depredador – presa, pero este ataque por parte de la hormiga se ha ido inhibiendo a cambio de recibir las excreciones de ligamaza (Dixon & Bernhard, 2008) a su vez, los hemípteros son beneficiados de esta relación al disminuir la tasa de mortalidad de las poblaciones que se asocian con hormigas (Buckley, 1987), ya que además de ser protegidos de depredadores naturales, son limpiados del exceso de ligamaza producida lo que les evade de la muerte por contaminación mediante hongos o, simplemente, por ahogo en el mismo líquido (Delabie, 2001; Gullan, 1997).

En esta interacción, las hormigas a menudo construyen cubiertas protectoras (Hölldobler & Wilson, 1990) con restos vegetales hacia los insectos escama en sitios favorables para la extracción de savia de la planta, patrullándolas constantemente para evitar que otras hormigas, parásitos y depredadores los aprovechen (Fernández & Delabie, 2003). Los sitios y estructuras de los nidos que hacen las hormigas pueden ser modificados o elegidos para acomodar y proteger a estos insectos escama (Das, 1959).

5.4.2 Depredación

Por otro lado las hormigas no solo “explotan” a hemípteros por la oferta de ligamaza, sino también porque representan una fuente de proteína y lípidos al forrajear sobre ellos como una presa común (Buckley, 1987; Gullan, 1997; Sakata, 1994; Way, 1963). Así, las hormigas diferencian a los trofobiontes de sus posibles presas, debido a que éstos

tienen movimientos más lentos, mientras que los intrusos tienen movimientos más activos. De esta manera, se documentan diferentes factores que influyen en que las hormigas “atiendan” a los hemípteros, como la densidad e importancia numérica del grupo Hemíptera y la habilidad para la producción de ligamaza (Delabie, 2001; Sakata, 1994; Way, 1963).

5.4.3 Mutualismo obligado

El mutualismo obligado entre hormigas y hemípteros es raro, y solo pocas especies muestran esas adaptaciones, principalmente fisiológicas (Bristow, 1991; Dixon & Bernhard, 2008). La coevolución de algunos trofobiontes con sus hormigas asociadas, se ha relacionado con ciertas adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento (Dixon & Bernhard, 2008; Way, 1963). Algunas especies de hormigas pasan parte de su vida migrando junto con sus cochinillas simbióticas y, por momentos, asistiendo a algunos Coccidae (Taylor, Maschwitz, Fiala, & Dolling, 1987).

5.5 Interacción planta - hormiga – hemíptero

Una forma común por la cual las hormigas obtienen azúcares, es la protección a hemípteros, que obtienen la ligamaza de los líquidos transportados por el floema de las plantas hospederas, la calidad de estos líquidos incide directamente en la composición cuantitativa y cualitativa de la ligamaza producida por los Hemípteros y por ende, en la cantidad de energía de la cual pueden disponer las hormigas (Ramirez, Chacón, Armbrrecht, & Calle, 2000), de tal forma que los hemípteros se ven beneficiados por la provisión de hábitat y fuente permanente de alimento (Buckley, 1987).

Para las plantas que son hospederas de las interacciones entre estos dos grupos de insectos, resulta muy costoso y poco beneficioso (Buckley, 1987). Dentro de los costos para la planta están los daños asociados por la transmisión de virus y toxinas, la defoliación, reducción permanente de la tasa fotosintética, pérdida de nutrientes y la inducción por parte de los insectos chupadores en el desarrollo de estructuras anormales en las plantas hospederas como agallas en las hojas, provocada por la secreción de saliva que producen al alimentarse, pues al entrar en contacto con los tubos de savia generan una reacción inmunoquímica en la planta, con aumento del

ácido indolacético o de las auxinas (hormonas vegetales) que actúan a nivel de los ápices y estimulan el crecimiento y generan que la zona afectada sea aislada del resto de la planta (Buckley, 1987; Dixon & Bernhard, 2008). También, es importante mencionar que la presencia de hormigas e insectos chupadores de savia se puede ver como un mecanismo beneficioso para la planta, siempre y cuando la densidad del trofobionte permanezca relativamente baja, ya que estos pueden tratarse como equivalentes ecológicos de los nectarios extraflorales (Way, 1963).

6 ANTECEDENTES

Smith (1942), en su trabajo titulado “*the relationship of ants and other organisms to certain scale insects on coffee in Puerto Rico*”, al estudiar la relación entre hormigas e insectos escama en cultivos de café, encontró que 14 especies de hormigas se asocian con los insectos escama, de ellas *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804), *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) *Brachymyrmex heeri* Forel, 1874, fueron las más comunes. Además el estudio resalta que las escamas encontradas en el cultivo fueron *Saissetia haemispherica* y *Coccus viridis* (Green, 1889). Así mismo, el autor encontró que algunos factores que regularon su abundancia fue la presencia de hongos entomopatógenos, favorecidos por la sombra y la humedad, que redujeron la abundancia.

Buckley & Gullan (1991), llevaron a cabo un estudio en Madang –Nueva Guinea, con el que concluyeron que las especies de hormigas más agresivas brindan mayor protección para escamas y chinches harinosas que aquellas hormigas inofensivas, que pueden ser más fácilmente parasitadas. Este comportamiento permite que las poblaciones de cóccidos atendidos por hormigas más agresivas, persista y se expanda a pesar de los ataques provenientes de predadores y parasitoides, ocasionando finalmente mayor daño en el cultivo y grandes pérdidas económicas.

Para Colombia, en una contribución al conocimiento de las interacciones entre plantas, hormigas y hemípteros en bosques secos, del Valle geográfico del río Cauca, Ramirez *et al.* (2000) encontraron que *W. auropunctata*, *Dolichoderus bispinosus* (Oliver, 1792) y *B. heeri* fueron las especies de hormigas con mayor frecuencia, mientras que las

plantas hospederas más usadas fueron *Heliconia stricta*, *Philodendron* sp. y *Passiflora coriacea*. Además hallaron una dominancia de relaciones de tipo generalista, en que las hormigas explotan diferentes recursos aparentemente de forma oportunista y las plantas, por su parte, pueden encontrarse en buen estado frente a la ausencia de las hormigas.

Años más tarde Franco, Cárdenas, Montoya y Zenner (2003), al estudiar las hormigas asociadas con insectos chupadores en la parte aérea del cafeto en siete subestaciones experimentales de Cenicafé, encontraron un total de 114 asociaciones diferentes, siendo el mutualismo, la relación que más se observó. Los autores reconocieron la asociación de las subfamilias Formicinae, Myrmicinae, Dolichoderinae y Ponerinae a 12 especies de insectos escama, en especial con *C. viridis*, *Saissetia coffea* (Walker, 1852) y *Planococcus citri* (Risso, 1813), las más frecuente y plantearon que los insectos chupadores en la parte aérea del cafeto pueden convertirse en una plaga potencial. Sin embargo, debido al equilibrio y control natural en los sistemas cafeteros, se ha impedido el crecimiento de estas poblaciones de insectos, evitando así niveles de daño que tengan una afectación económica.

Un año después, Ramos-Portilla y Serna-Cardona (2004) presentaron una revisión para Colombia del grupo Coccoidea con énfasis en Pseudococcidae. En esta revisión, se reportó que para el país existen 216 especies de escamas, cochinillas y chinches harinosas de la superfamilia Coccoidea, agrupadas en 11 familias, de las cuales 13 especies de Pseudococcidae se constituyen como “plagas” potenciales entre los países que conforman la región caribe, debido a que atacan aproximadamente 88 familias de hospederos botánicos; los autores, también mencionan al mutualismo como una relación existente entre hormigas y coccóideos, resaltando que las hormigas que cuidan a coccóideos frecuentemente incrementan la capacidad dañina de estos insectos escama. Por lo anterior, se menciona la importancia de investigar los grupos de escamas en general y chinches harinosas en particular, pues los estudios taxonómicos son un aporte a la descripción de especies desconocidas, así como a su distribución geográfica, rango de hospederos, distribución altitudinal, centros de origen y tendencias de dispersión geográfica.

Los resultados de Perfecto y Vandermeer (2006) al investigar el efecto indirecto del mutualismo entre hormigas-hemípteros sobre la broca del café en el sur de México, indicaron una relación negativa entre el número de cóccidos en la planta y la proporción del fruto con daño ocasionado por la broca del café.

Por otro lado, en Colombia Mera-Velasco *et al.*, (2010) describieron las interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales con y sin sombra en el corregimiento de Pescador- Cauca, donde se seleccionaron 45 arbustos de café por cada plantación, las observaciones y colecta se realizaron durante 7 meses cada dos semanas; 119 interacciones fueron observadas involucrando 31 especies de hormigas con 38 morfoespecies de otros insectos, entre los cuales se encuentra el orden Hemiptera; predominaron las asociaciones mutualistas facultativas, seguidas de las comensalistas, siendo *Linepithema neotropicum* Wild, 2007, *B. heeri* y *W. auropunctata* las especies con mayor porcentaje de asociaciones, además fue encontrada una mayor riqueza de especies de insectos y de asociaciones en cafetales con sombra que aquellos que se encontraban a libre exposición, concluyendo que la complejidad estructural que presenta este tipo de agroecosistema provee más oportunidades para la fauna asociada.

En ese mismo año, Vandermeer, Perfecto y Philpott (2010), realizaron una revisión sobre la complejidad ecológica y el control de “plagas” en cultivos de café orgánicos, resaltando la importancia del sombrío en el café para la creación de matrices de alta calidad en hábitats fragmentados con el propósito de conservar la biodiversidad. En cuanto al control de plagas, los autores mencionaron a las escamas verdes *C. viridis* como una de las tres especies de “plagas” más comunes del café, junto con la broca y la roya.

En el 2011, Thuy y colegas, realizaron un estudio en cultivos de café en Vietnam, bajo condiciones de laboratorio controlando condiciones de temperatura y humedad semejantes a los cultivos, se realizó una evaluación sobre la biología reproductiva de insectos escama, encontrando siete especies de insectos escama, de las cuales cuatro pertenecen a la familia Pseudococcidae, dos a la familia Coccidae y una especie a la familia Diaspididae. Estos datos, resultan de gran utilidad para poder predecir la aparición y daño por parte de estos insectos y así mismo poder implementar medidas de control oportunas.

Gil Palacio y Benavides Machado (2017), llevaron a cabo la descripción de la escama de la raíz del café *Toumeyella coffeae* Kondo, 2013, se realizaron evaluaciones en más de 200 fincas cafeteras y aproximadamente 6.000 árboles, de los departamentos Caldas, Cundinamarca, Cauca, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander y Tolima. Los autores consideran este insecto como “plaga” potencial de este cultivo, en el estudio, los autores mencionan que la escama se ubica en la base del tallo y en la raíz principal del árbol de café, succionando la savia y ocasionando diferentes daños como clorosis, defoliación y en algunas ocasiones, la muerte de la planta. Los resultados muestran la descripción de los caracteres morfológicos externos del insecto, así como sus hábitos y recomendaciones de manejo integrado para una plaga reciente y que necesita ser reconocida por la caficultura colombiana.

En el 2018 Caballero, Ramos-Portilla, Gil y Benavides analizaron 768 especímenes de 85 muestras recolectadas en raíces de café en Norte de Santander y Valle del Cauca, se identificaron 10 géneros, dentro de ellos las especies *Puto barberi* (Cockerell, 1895), *T. coffeae* y *Dysmicoccus varius* Granara de Willink 2009 fueron las más recurrentes, y como primer registro para Colombia se encontraron *Dysmicoccus mackenziei* Beardsley 1965, *Dysmicoccus radialis* (Green, 1933) y *Mixorthezia minima* Konczné Benedicty & Kozár in Kozár 2004, también *Phenacoccus solani* Ferris 1918, como nuevo hospedante para *Coffea arabica* y además de la descripción de una nueva especie del género *Pseudorhizoecus*, demostrando así que las dinámicas poblacionales de cocomofos son variables espacio-temporalmente.

Por otra parte, en el más reciente estudio publicado, Caballero *et al.* (2019), actualizaron la lista de especies de insectos escama y sus hormigas asociadas en raíces de café en los departamentos de Antioquia, Caldas, Casanare, Cauca, Huila, Nariño, Quindío, Risaralda y Santander, Las muestras fueron recolectadas entre enero de 2015 y julio de 2017. En total registraron 61 especies de insectos escama asociadas a raíces de café, de las cuales 52, fueron obtenidas de muestras analizadas y nueve por registros de literatura; reportan 20 nuevos registros de asociación con café y 15 nuevos registros para Colombia. A pesar de que en este estudio se destacan 32 morfoespecies de hormigas, solo 30 son destacadas por sus relaciones trofobióticas facultativas con hemípteros, correspondiendo dos de estas especies al género *Acropyga*. Las especies de escamas encontradas en este trabajo que se destacaron por su mayor presencia en cultivo de café fueron: *P. barberi*, *Geococcus coffeae* Green

1933, complejo *D. texensis*, *Rhizoecus colombiensis* Ramos & Caballero 2016 y *Pseudococcus elisae* Borchsenius 1947.

7 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Área de estudio

El estudio se desarrolló en el corregimiento la Rejoja (Figura 2), a 18 km al occidente de la ciudad de Popayán, en la vereda Villanueva, en las fincas cafeteras (el Diviso, el Diamante, las Vegas y la Cascada) presentando una altitud promedio de 1730 m.s.n.m, temperatura media entre 18 y 24 °C y un promedio anual de lluvias entre 2000 y 4000 mm, que corresponde a la zona de vida bosque húmedo y muy húmedo premontano (bh-PM y bmh-PM) (Holdridge,1977).

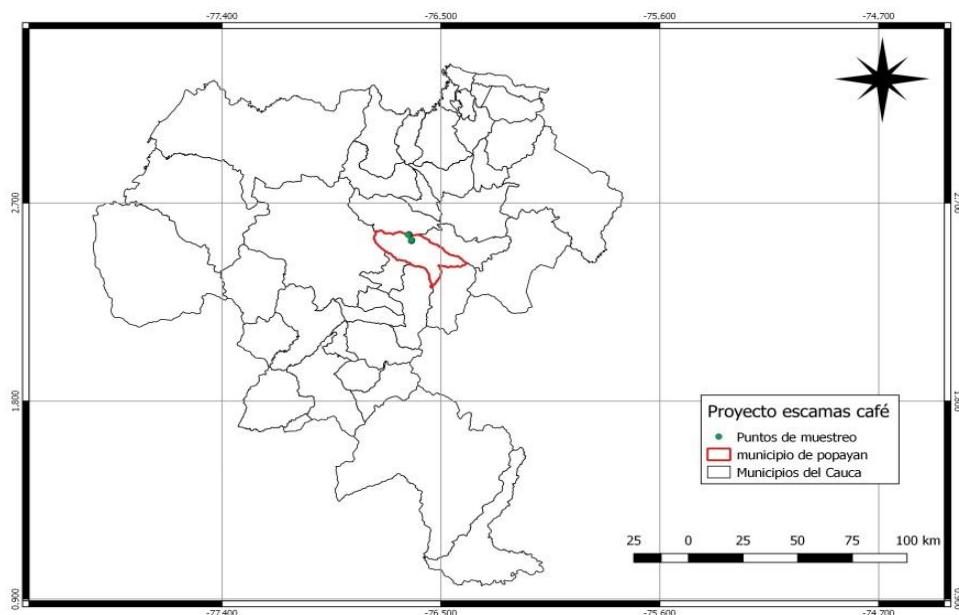


Figura 2. Ubicación de la zona de muestreo, vereda Villanueva del corregimiento La Rejoja, municipio de Popayán, Cauca.

7.2 Método de muestreo

En el área de estudio se seleccionaron cuatro fincas cafeteras: dos cafetales en policultivo con sombra arbórea diversificada (las Vegas y la Cascada) y dos en

monocultivo a libre exposición (el Diviso y el Diamante), en cada una de ellas, se ubicaron 10 bloques al azar compuestos de cinco arbustos de café, cada bloque separado uno del otro por aproximadamente 18 m y a 10 m del borde, para un total de 50 plantas evaluadas por cultivo (Figura 3). Los muestreos se realizaron cada 15 días, durante tres meses consecutivos comprendidos entre finales de Marzo y Junio, predominando temporadas de lluvia. En cada muestreo se tomaron las variables de temperaturas ambiental y del suelo y humedad relativa.

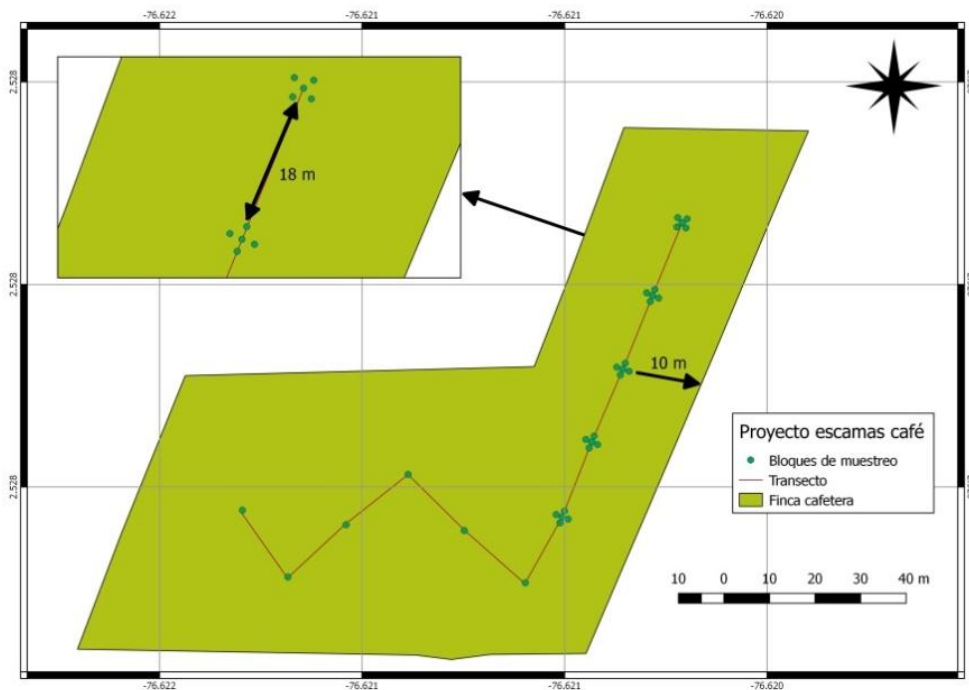


Figura 3. Ejemplificación de la forma y distribución de los bloques para los dos tipos de cultivo.

7.3 Recolecta de material

Se realizó recolecta manual de hormigas y escamas durante ocho minutos en cada arbusto, para un total de 40 min por bloque, buscando equitativamente en toda la planta. Todo el material tanto de hormigas como de escamas, fue guardado en frascos eppendorf con alcohol al 80%. Posteriormente, en el laboratorio, se morfotiparon con estereoscopio y se transfirieron a viales debidamente rotulados con toda la información del muestreo y se preservaron en alcohol al 90%.

7.4 Descripción y cuantificación de las relaciones entre las hormigas y los insectos escama

En cada uno de los arbustos de café donde se llevó a cabo la recolecta, se realizaron observaciones sobre: el tipo de relación (mutualismo, comensalismo, depredación), además, la ubicación por estrato (alto, medio, basal) de las interacciones halladas, los lugares de donde se encontró la asociación (tallos, ramas, frutos, hojas) y la presencia de daños por parte de estos insectos en los arbustos de café. Cuando posible, se realizó un registro fotográfico de las asociaciones.

7.5 Procesamiento e identificación taxonómica de las muestras biológicas

Las muestras se procesaron en el laboratorio de zoología de la Universidad del Cauca. Las hormigas fueron identificadas usando las claves de Holldobler & Wilson (1990), Fernández (2003), Baccaro *et al.*, (2015), Fernández *et al.*, (2019) y mediante comparación directa con especímenes de la colección de referencia de la Universidad del Cauca.

En el montaje de los especímenes de insectos escama en láminas (Hemiptera: Coccoidea) fueron clarificados con KOH 10% durante 24 horas según la esclerotización de cada espécimen y eviscerados con ayuda de estiletes, y un estereoscopio Zeiss Stemi 305, después se pasaron por alcohol al 70%, para facilitar la tinción con fucsina ácida, el tiempo de tinción dependió del tamaño y esclerotización del insecto escama, posteriormente se realizó una deshidratación con alcohol a diferentes concentraciones (70%, 80%, 90%) y para aclarar la cutícula se pasó por aceite de clavo, por último la realización del montaje en láminas fijadas con bálsamo de Canadá. El protocolo para la fijación del material de estudio fue de Granada de Willink (1990) con modificaciones de Kondo. Las identificaciones del material fueron realizadas por el Dr. Takumasa Kondo (Corporación Colombiana para la Investigación-Corpoica, Colombia).

Tanto las muestras de hormigas como las de escamas, disponen de dos etiquetas, una de identificación y otra de recolecta con toda la información referente al estudio. El material entomológico, se incorporó en la colección entomológica del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca.

7.6 Análisis de datos

Las variables evaluadas fueron la riqueza de especies de hormigas y de insectos escama, así como número de asociaciones presentes entre los dos tipos de cultivo. Se describieron las diferentes asociaciones encontradas de acuerdo a la frecuencia de aparición de determinadas especies de hormigas y de escamas.

Se realizaron análisis descriptivos de las diferentes asociaciones o interacciones en cada estrato arbóreo, a fin de observar si existen diferencias entre las preferencias de estos insectos en permanecer en ciertos lugares de la planta.

Se realizó un análisis de ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) para analizar las relaciones lineales entre la composición de especies de cada uno de los sistemas y su relación con las variables ambientales. Los análisis se hicieron con el paquete estadístico Vegan v 2.4.1 (Oksanen *et al.*, 2016) y todos los análisis fueron corridos en el software R (R Core Team, 2016).

8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.4 Riqueza y abundancia relativa de hormigas e insectos escama

8.4.1 Hormigas

Se obtuvieron en total 5.187 individuos de hormigas, representantes de 32 especies, 17 géneros y 5 subfamilias. La subfamilia que presentó el mayor aporte a la riqueza total fue Myrmicinae, con 14 especies, este resultado coincide con lo reportado por Sinisterra *et al.*, (2016) y Mera-Velasco *et al.*, (2010) quienes identificaron a Myrmicinae como la subfamilia con el mayor número de individuos y especies asociadas a cafetales en el Cauca; seguida de esta subfamilia, en este estudio se reportó a Formicinae y Dolichoderinae con seis especies cada una. Por su parte, las especies *Pheidole radoszkowskii* Mayr, 1884, *S. geminata* y *Linepithema neotropicum* Wild, 2007 presentaron la mayor abundancia total (figura 4). De las 32 especies de hormigas en las plantas de café, 16 presentaron asociaciones con insectos escama. Entre ellas están

especies de los géneros *Pheidole*, *Solenopsis*, *Linepithema*, *Wasmannia*, *Brachymyrmex* y *Crematogaster*.

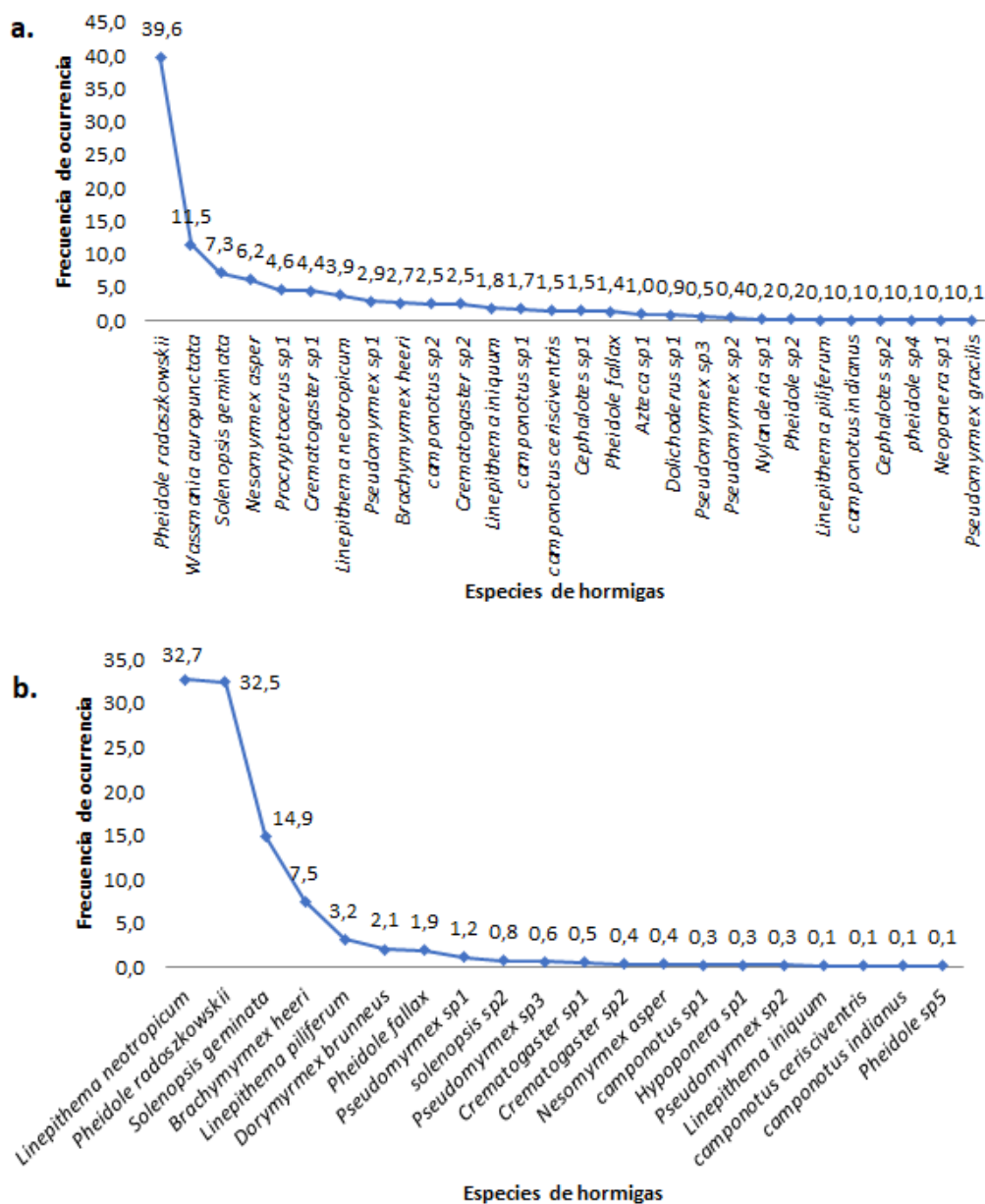
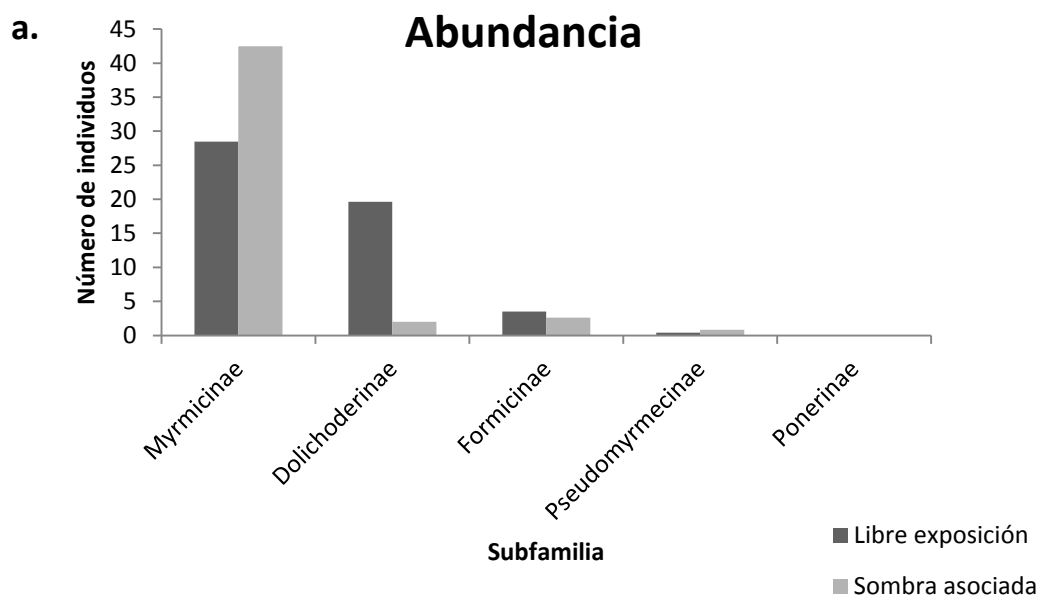


Figura 4. Frecuencia de ocurrencia total de hormigas en las fincas muestreadas a). cultivo con sombra asociada b). libre exposición).

La subfamilia que presentó mayor abundancia y riqueza de especies fue Myrmicinae con 70,9% y 40,8%, respectivamente. Siendo su riqueza en cultivos a libre exposición

la menor con un 16,3% en relación a un 24,5% de cultivo con sombra (Figura 5), y su abundancia con un 28,5% en relación a un 42,5%; ya que al presentar mayor grado de intensificación, la matriz que puede favorecer la diversidad de hormigas tiende a disminuir (Zabala, Arango, & Chacón, 2013).

Por su parte la subfamilia Dolichoderinae presentó mayor riqueza en cultivos con sombra asociada (12,2%) con 5 de las 6 especies en total para esta subfamilia. *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908 no se encontró para policultivo y tuvo mayor abundancia en cultivos a libre exposición (19,6%) (Figura 5), donde *Linepithema neotropicum* fue la más abundante en este tipo de manejo (32,6%) (Figura 4). En los cultivos con sombra, Dolichoderinae sólo representó un 2,0% de la abundancia total (Figura 5); esta diferencia entre los dos tipos de sistema, sugiere que las especies de Dolichoderinae son favorecidas por la presencia de sombra al igual que Myrmicinae que presentó tanto mayor riqueza como abundancia en cultivos con sombra asociada.



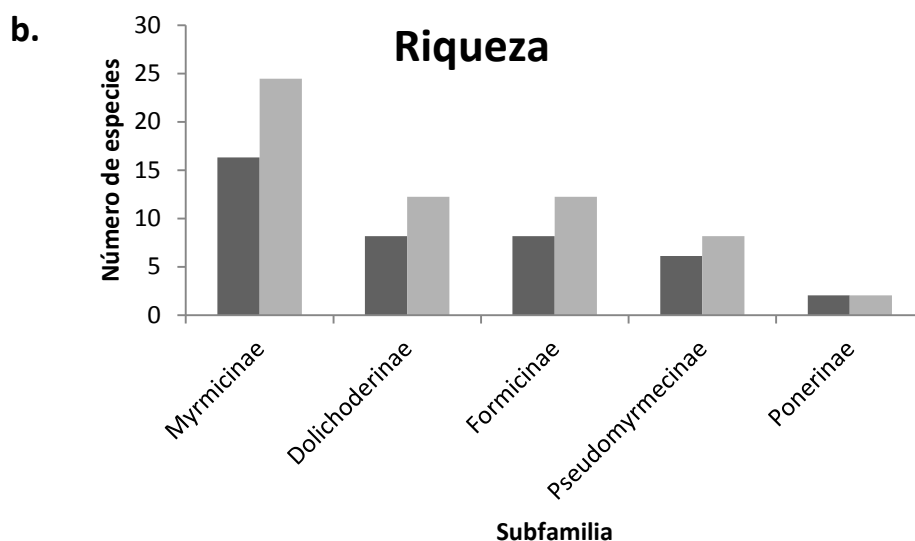


Figura 5. a). Abundancia y **b).** Riqueza de hormigas en los dos tipos de cultivo.

8.1.1.1 Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación evidencian el comportamiento de captura de las hormigas registradas en la parte aérea del cafeto en los dos tipos de cultivo de producción cafetera (figuras 6, 7). Las curvas de los dos estimadores Chao 1 y Jack 1, fueron tendientes a la asíntota, lo que se traduce en una eficiencia de muestreo del 91,78% para monocultivos y 83,74% para policultivos.

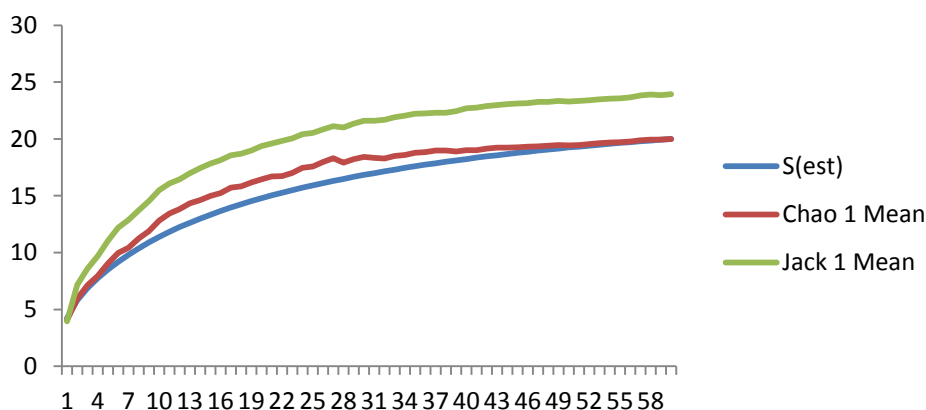


Figura 6. Curva de acumulación de especies de hormigas en la parte aérea de cafetos a libre exposición.

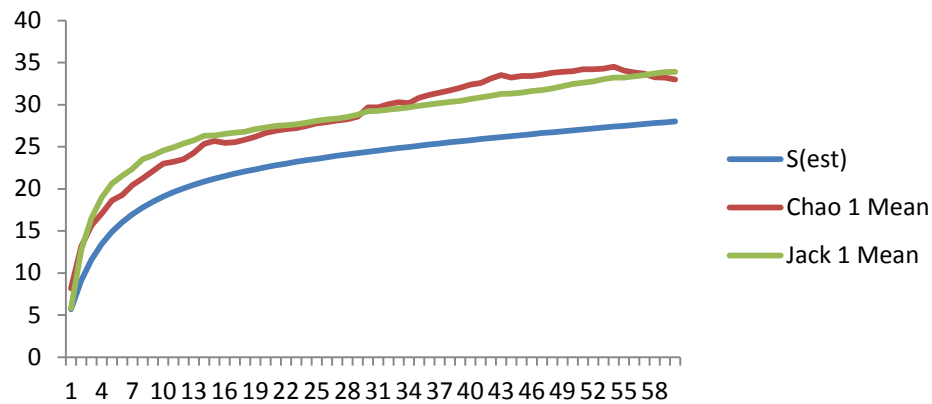


Figura 7. Curva de acumulación de especies de hormigas en la parte aérea de cafetos con sombrío asociado.

Es importante aclarar que la captura de hormigas pudo estar afectada por diferentes variables como la lluvia durante la recolecta manual en cada uno de los muestreos, pues ésta influye sobre la actividad y comportamiento de las hormigas, además de afectar los nidos que éstas realizan sobre los insectos escama, más aún si los cultivos no presentan algún tipo de sombrío ya que facilita que este recubrimiento sobre los insectos escama, sea arrasado; una tendencia similar registraron Franco *et al.*, (2003) con respecto a las hormigas asociadas con insectos chupadores en la parte aérea del cafeto en siete subestaciones de Cenicafé, donde las precipitaciones más bajas incidieron en una mayor estabilidad de los nidos de las hormigas y los recubrimientos que ofrecían a los insectos escama.

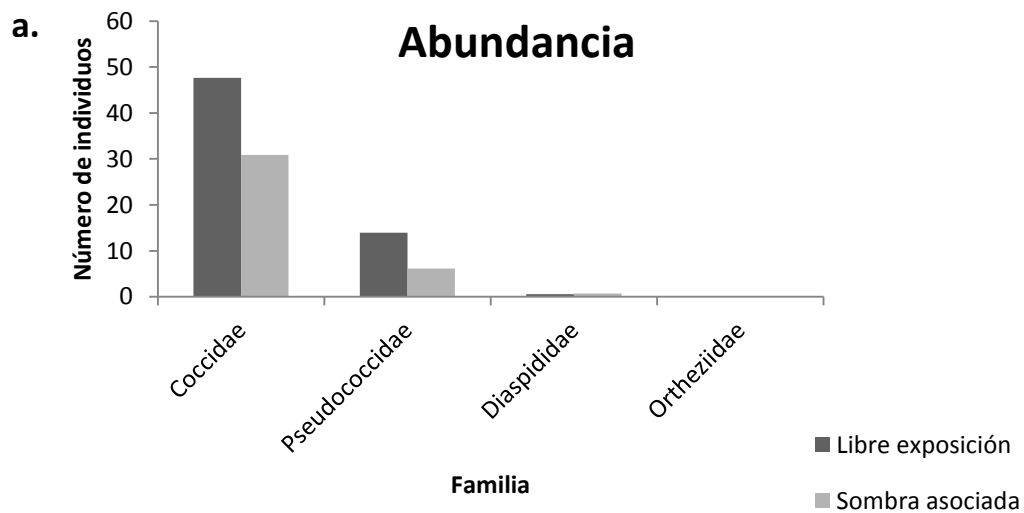
8.1.2 Insectos escama

En este estudio, se recolectaron en total, 3.909 individuos de insectos escama, representantes de 14 especies de las 73 especies encontradas en café (Fornazier *et al.*, 2017), distribuidas en 10 géneros y 4 familias. Coccidae presentó el mayor aporte a la riqueza total con 10 especies de las 18 reportadas, seguida de Pseudococcidae con dos especies de las 21 reportadas y Diaspididae y Ortheziidae con una especie cada una, de las 6 y 3 especies reportadas, respectivamente, según Fornazier *et al.*, (2017). De igual forma estos autores reportan asociadas a raíces, ramas, hojas, flores y frutos

en café familias como Eriococcidae, Putoidae, Rhizoecidae que no fueron evidenciadas aquí.

La presencia de Coccidae y Pseudococcidae tanto en abundancia y riqueza fue mayor para los cultivos a libre exposición (figura 8), lo que evidencia cómo la homogenización del cultivo de café resulta determinante en la incidencia de especies invasoras o plaga como los hemípteros (Philpott *et al.*, 2008), mientras que la biodiversidad al interior de cultivo contribuye tanto al control como reducción de plagas de café (Bianchi, Booij, & Tschardt, 2006; Vandermeer, Perfecto, & Philpott, 2010). Por otro lado, la presencia de Coccidae y Pseudococcidae, puede ser explicada, por la plasticidad biológica de las especies que les permite habitar en estructuras aéreas, subterráneas y alimentarse de diferentes estructuras aéreas de la planta (Gil palacio & Benavides Machado, 2017; Williams & Willink Granara, 1992)

Por su parte, la baja abundancia de las familias Diaspididae y Ortheziidae probablemente obedece a que son familias compuestas por menos especies respecto a Pseudococcidae y Coccidae y todavía existen vacíos en la información de su ecología y biología (Kozár, 2004; Vea, 2014).



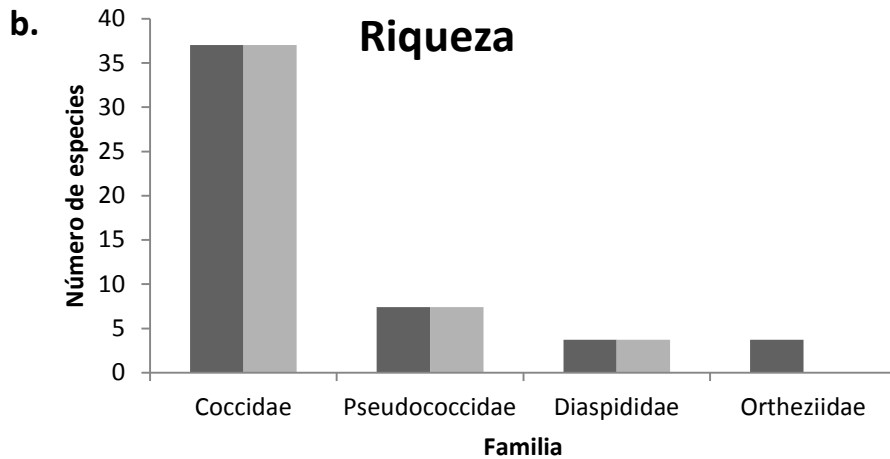


Figura 8. a). Abundancia y **b).** Riqueza de insectos escama en los dos tipos de cultivo.

La especie más abundante fue *Alecanochiton marquesi* (Hempel, 1921) con el 62,96% del total individuos, seguida de *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell, 1893) con 19,66% y *Akermes* sp. con 5,66% de individuos y en menor frecuencia de ocurrencia se evidenció a *Ceroplastes* sp.1, y *Ceroplastes* sp.2 con 0,18% y 0,10%, respectivamente destacándose *Saissetia* sp.4 con un 1,48% con mayor ocurrencia en cultivos con sombra asociada e *Insignorthezia insignis* (Browne, 1887) con 0,08% por estar ausente en cultivos con sombra (Tabla 1). De igual forma sobresale *Planococcus* complejo *citri-minor* (Risso, 1813) conocida como la palomilla de las ramas del cafeto según Cárdenas-Murillo (1985) con un 0,46% (18 ocurrencias de captura), siendo mayor en cultivos de libre exposición por presentar 0,036% (14) del total de ocurrencias registradas, también se destacó por hallarse en la nervadura de las hojas de la parte media o tercio superior del árbol tal como fue evidenciado por Cárdenas-Murillo (1985).

Tabla 1. Abundancia de insectos escama por tipo de sistema

Especie	Sin sombra	Con sombra	Total
<i>Alecanochiton marquesi</i> Hempel, 1921	0,40	0,23	62,96
<i>Dysmicoccus brevipes</i> (Cockerell, 1893)	0,12	0,08	19,66
<i>Coccus viridis</i> (Green,1889)	0,02	0,00	2,79
<i>Saissetia neglecta</i> De lotto, 1969	0,02	0,02	3,86
<i>Akermes</i> sp.	0,01	0,04	5,66
<i>Selenaspidus articulatus</i> (Morgan, 1889)	0,01	0,01	1,28
<i>Planococcus complejo citri-minor</i>	0,00	0,00	0,46
<i>Parasaissetia nigra</i> (Nietner, 1861)	0,00	0,01	0,92
<i>Saissetia</i> sp.3	0,00	0,00	0,31
<i>Ceroplastes</i> sp.1	0,00	0,00	0,18
<i>Saissetia</i> sp.4	0,00	0,01	1,48
<i>Insignorthezia insignis</i> (Browne, 1887)	0,00	0,00	0,08
<i>Saissetia coffeae</i> (Walker, 1852)	0,00	0,00	0,26
<i>Ceroplastes</i> sp.2	0,00	0,00	0,10
<i>Total</i>	0,58	0,42	100,00

8.1.2.1 *Alecanochiton marquesi* (Hempel, 1921)

Se hace el primer registro de *Alecanochiton marquesi* (Hempel, 1921) conocida también como “escama blanda del marqués” para cultivos de café en el departamento del Cauca y Colombia. En este estudio, *A. marquesi* fue registrada en mayor frecuencia en el pedúnculo de frutos de café (32,90%) (Tabla 3), y asociada a 14 especies de hormigas, donde *P. radoszkowskii* con el 27,7% y *L. neotropicum* con el 12,9% representaron la mayor frecuencia de asociación con *A. marquesi* (Anexo 1).

Esta especie es originaria de Brasil, fue descrita por Hempel en 1921 en cultivos de café en Angatuba, Sao Paulo como una plaga para este cultivo. En estudios recientes, Dix Luna, Montes Rodriguez, Kulikowski y Kondo (2018) realizaron el primer reporte para cultivos de *Manilkara zapota* (Sapotaceae) en Palmira, Valle del Cauca-Colombia, en nodos e internodos, peciolos de hojas y pedúnculos del fruto, encontrándose casi exclusivamente en bosques restaurados y áreas agrícolas de uso mixto y poca frecuencia en bosque primario, debido a la sucesión temprana de sus plantas hospederas, que rara vez están presentes en bosques antiguos. A pesar de que en este

estudio mencionado, no se reportan asociaciones con otros insectos, estos resultados concuerdan con lo encontrado en cultivos de café a libre exposición, donde *A. marquesi* presentó mayor frecuencia de ocurrencia (0,40%) (Tabla 1) y frecuencia de asociación (34,77%) (Tabla 7), además de observarse presencia de fumagina en frutos y pedúnculos aún bajo protección de hormigas, principalmente *Pheidole radoszkowskii*. De igual manera la reportan en *Miconia trinervia*, *Conostegia xalapensis*, *M. schlimii* Triana (Melastomataceae) en Costa Rica.

8.2 Descripción de asociaciones

Los resultados relacionados con los tipos de asociación hormigas-insectos escama, evidencian que la relación con el mayor porcentaje de ocurrencia fue el comensalismo con un 52,39%, en cultivos sin sombra, seguido de mutualismo con el 47,48%, y depredación, el cual sólo se observó una única vez en cultivos a libre exposición, con un aporte del 0,13% de las asociaciones en total. Estos resultados difieren a los presentados por Franco *et al.* (2003) y Mera-Velasco, Gallego-Ropero y Armbrecht (2010) donde el mutualismo fue la relación que predominó (95,11% y 32%, respectivamente), mientras que la de comensalismo fue reportada por Mera-Velasco *et al.* (2010), como la segunda con más frecuencia de ocurrencia en cultivos de café (30%). En cuanto a la asociación de depredación, nuestros resultados son coincidentes con los de Franco *et al.* (2003), al reportar esta relación como la de menor registro.

De las cuatro familias de insectos escama registradas la que presentó mayor proporción de asociaciones con hormigas fue Coccidae, interactuando con 16 especies de hormigas, 10 en cultivos a libre exposición y 11 en cultivos con sombra asociada; *A. marquesi* fue la especie de insecto escama que se asoció con 14 de las 16 especies de hormigas (Anexo 1); Ponerinae fue la única subfamilia sin registros de asociación con insectos escama. Por otra parte, se destacan los daños causados por *D. brevipes* y *P. citri-minor*, por el secamiento y caída de frutos debido a su hábito fitosuccívoro que trae consigo problemas fisiológicos directos e indirectos a la planta en pedúnculos o frutos como debilitamiento por extracción de fotoasimilados (Caballero *et al.*, 2019). Según Cárdenas-Murillo (1985) lo mismo ocurre para *P. citri-minor* (figura 9b).

En relación a las asociaciones presentes se evidenció *D. brevipes* Cockerell asociada a seis especies de hormigas (*W. auropunctata*, *Brachimyrmex heeri*, *Linepithema neotropicum*, *Linepithema piliferum*, *Pheidole radoszkowskii*, *S. geminata*, *Solenopsis*

sp. 2) de las cuales se destaca la asociación con *S. geminata*, que en cultivos a libre exposición se observó con gran frecuencia que elaboraban sus nidos en la base de los cafetos, seguido de recubrimientos hacia al pseudocóccido desde el tallo, y con nidos satélites en frutos y pedúnculos. Esta escama, desde el 2008, presenta más importancia económica con el incremento de poblaciones de cochinillas harinosas en zonas del eje cafetero. En tanto, *Planococcus citri-minor* (Pseudococcidae) demostró lo que parecía ser una trofobiosis especializada donde un grupo trofobionte está atendido por la misma especie de hormiga (*S. geminata*). Esta asociación se destaca debido a que según Cárdenas-Murillo (1985) en ausencia de hormigas, en esta escama se forma una maraña algodonosa que termina matándola. Por otra parte Diaspididae estuvo asociada a dos especies de hormigas (*P. radoszkowskii* y *S. geminata*) en tanto que Ortheziidae no presentó ninguna asociación (Anexo 1).

En cuanto a los cultivos con sombra asociada, de las 28 especies de hormigas reportadas, 12 de ellas presentaron asociación con insectos escama (anexo 1). Sin embargo, el número de asociaciones en este tipo de cultivo fue menor que las reportadas para los cultivos a libre exposición (47,47% y 52,41%, respectivamente) donde 10 de las 20 especies de hormigas estaban asociadas a escamas (Anexo 1).

8.2.1 Mutualismo

Las relaciones mutualistas con respecto al total de asociaciones, fue registrada en mayor frecuencia en cultivos a libre exposición (26,53%) con respecto a un 20,94% en cultivos con sombra asociada. *A. marquesi* y *S. geminata*, reportaron un 4,68% de asociación mutualista seguidas por *A. marquesi* y *Linepithema neotropicum* 4,55% y *D. brevipes* y *S. geminata* 4,42% (Figura 9a). Mientras que, en cultivos de sombra, *D. brevipes* con *S. geminata* presentaron la asociación mutualista de mayor registro con 4,03% (Anexo 1). Esto concuerda con lo reportado por Villegas *et al.* (2009), quienes destacan a *S. geminata* como la especie que más se encuentra asociada a *Dysmicoccus* spp. en raíces de café, mostrando así una tendencia similar para la parte aérea.

Como resultado, 10 especies de hormigas, distribuidas en tres subfamilias (Myrmicinae, Formicinae y Dolichoderinae) y seis géneros (*Solenopsis*, *Linepithema*, *Pheidole*, *Wasmannia*, *Crematogaster* y *Brachymyrmex*) estuvieron involucradas en este tipo de asociación, siendo mayor la frecuencia de sólo mutualismo para los cultivos a libre exposición 55,89% seguido de 44,11% en cultivos con sombra asociada (Anexo 2).

Evidenciándose por parte de las hormigas la limpieza de la ligamaza o miel de rocío hacia los insectos escama, evitando de esta forma el desarrollo del hongo fumagina, (*Capnodium* sp.) hechos reportados también por Cardenas-Murillo (1985); Delabie (2001); Fernández & Delabie (2003).

En hormigas, la subfamilia Myrmicinae fue la que mayor frecuencia de mutualismo presentó con un 69,86%, se destaca *S. geminata* (39,73%) asociada con mayor proporción a *D. brevipes* (17,81%) y *A. marquesi* (10,41%). Al mismo tiempo, *P. radoszkowskii* (20,82%) se observó asociada con mayor frecuencia a *A. marquesi* (8,77%) seguida de *D. brevipes* (7,40%) y por otro lado *W. auropunctata* reportó el 6,85% de las asociaciones mutualistas, observándose solo en cultivos de sombra, asociada en mayor proporción con *Akermes* sp. (3,01%) y *D. brevipes* (2,47%).

De otro lado, las especies de la subfamilia Myrmicinae que registraron menor número de asociaciones fueron *Crematogaster* sp.1 (1,92%), *Pheidole fallax* (0,27%) y *Solenopsis* sp. 2 (0,27%) (Anexo 2). Estos resultados coinciden con lo reportado por Franco *et al.*, (2003) y Mera *et al.*, (2010) donde esta subfamilia también se destaca por presentar un número notorio de asociaciones mutualistas.

Por otra parte, la subfamilia Dolichoderinae registró el 27,67% de asociaciones mutualistas, con *Linepithema neotropicum* como la especie de mayor frecuencia de ocurrencias (23,56%) al interactuar en mayor proporción con *A. marquesi* (10,68%). Finalmente, la subfamilia Formicinae registró la menor frecuencia de esta asociación (3,01%), representada sólo por *Brachymyrmex heeri* (Anexo 2).

En observaciones de campo, este tipo de asociación se caracterizó por el recubrimiento con tierra y restos de material vegetal por parte de las especies de hormiga *Linepithema neotropicum*, *S. geminata*, *P. radoszkowskii* hacia insectos escama de las especies *A. marquesi*, *D. brevipes*, empezando desde la base del cafeto y distribuida luego hacia ramas y frutos. En esta última estructura, las hormigas realizaban los nidos satélites, donde se asociaban con los chupadores, protegiéndolos en su interior lo que representaba mejores condiciones para las colonias de insectos escama, (figura 9 b,c,e,f). A pesar que las hormigas prestaban protección, fue observado en más de una ocasión que larvas de *Azya* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) atacaban insectos escama, comportamiento observado en colonias atendidas por *L. neotropicum* y *S. geminata*.

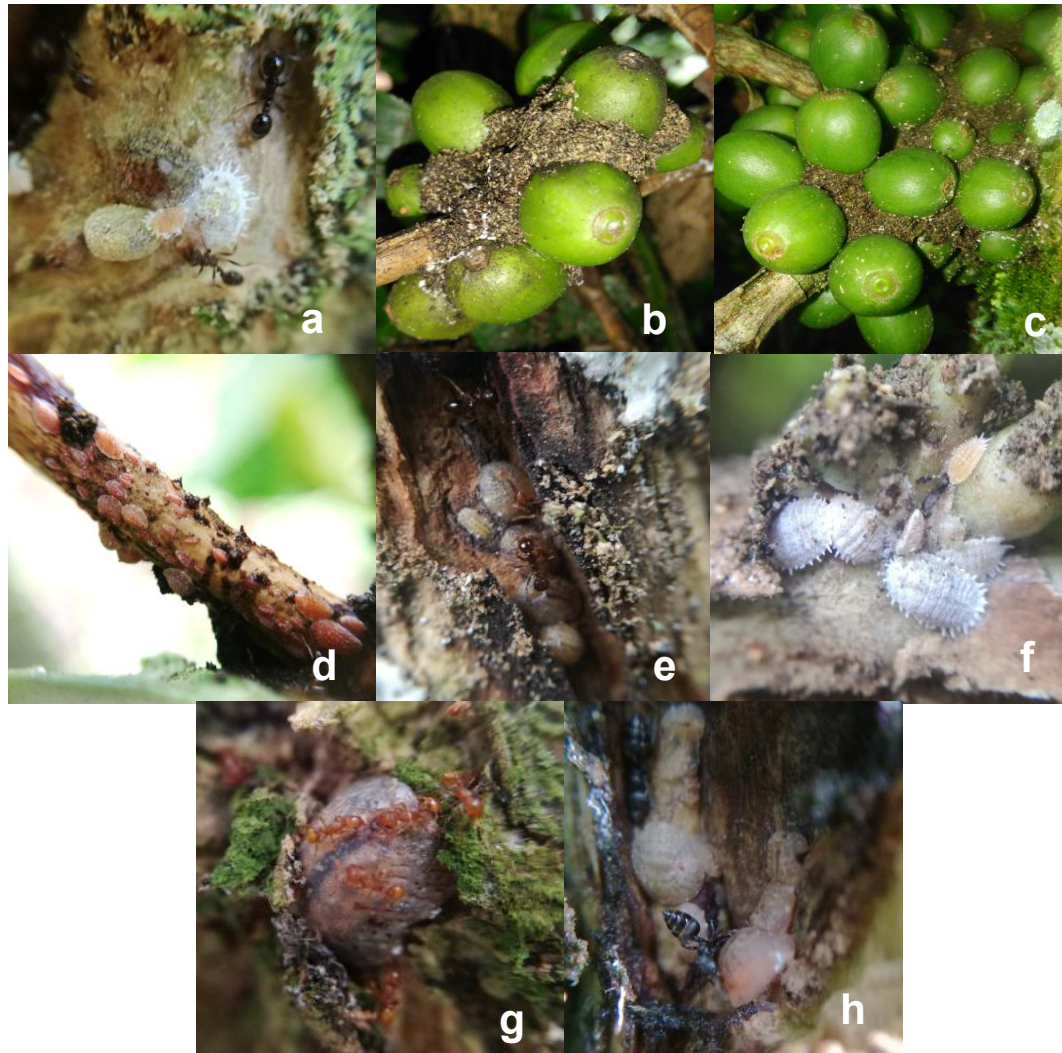


Figura 9. Asociación entre: **a).** *Solenopsis geminata*, *Akermes* sp. y *Dysmicoccus brevipes*; **b).** Nido satélite con *Solenopsis geminata* y *Planococcus citri-minor*, **c).** Nido satélite con *Solenopsis geminata* y *Dysmicoccus brevipes*; **d).** *Alecanochiton marquesi* y *Linepithema neotropicum* en la rama parte basal; **e).** *Solenopsis geminata* y *Akermes* sp. en tallo parte media; **f).** *Solenopsis geminata* y *Dysmicoccus brevipes* en rama parte media; **g).** *Wasmannia auropunctata* y *Akermes* sp. en el tallo parte media; **h).** *Crematogaster* sp.1 y *Akermes* sp. en el tallo parte media.

8.2.2 Comensalismo

Del total de asociaciones registradas, el comensalismo fue la que predominó de forma general (52,41%) siendo mayor para los cultivos de sol (28,22%) frente a los cultivos de sombra (24,19%) (Anexo 1).

Del total de hormigas encontradas (Anexo 3), 11 géneros se encontraron asociadas a insectos escama, destacándose *P. radoszkowskii* como la de mayor frecuencia de ocurrencia con 54,34%; al encontrarse asociada en mayor proporción con *A. marquesi* en un 44,91%, (figura 10a) y en menor porcentaje con *S. geminata* con 5,21% de las asociaciones, presentándose en mayor frecuencia con *A. marquesi* con un 2,23% del total y *W. auropunctata* con *Akermes* sp. con un 3,23% del total registrado (6,95%) (Figura 10c) (Anexo 3).

Por otro lado, la subfamilia Dolichoderinae presentó el 22,08% de asociaciones de tipo comensalista con cinco especies de hormigas, de las cuales se destaca *L. neotropicum* con el 19,11%, donde la mayor frecuencia de interacción se presentó con *A. marquesi* (14,89%). Mientras que *Brachymyrmex heeri* (Formicinae) y *Pseudomyrmex* sp.1 (Pseudomyrmecinae), fueron las de menor frecuencia de asociación con 5,46% y 0,25%, respectivamente, para la misma especie de escama (Anexo 3).

Estos resultados son similares a los de Franco *et al.* (2003), ya que las hormigas encontradas en esta asociación hacían parte de las subfamilias Myrmicinae con 71,46%, Dolichoderinae 22,08% y Formicinae 6,20%. En campo, se constató que aquellos insectos escama que presentaron esta asociación, eran más parasitados, que los mutualistas, y la presencia de fumagina era común en la estructura donde se los encontraba. Por otro lado, *Coccus viridis* (Figura 10b) a pesar de ser considerada como una plaga potencial esporádica que surge bajo ciertas circunstancias (Perfecto, Vandermeer, & Philpott, 2010) es uno de los insectos escama más importantes del cafeto que ocasiona grandes pérdidas. Es, además, cosmopolita, se encuentra en todas las regiones donde se cultiva café (ICA, 1989). Para este estudio la población de *C. viridis* y frecuencia de asociaciones fue menor en comparación de *A. marquesi*, una de las más abundantes y frecuentes, y fue en cultivos de sol donde predominó, encontrándose asociada a *L. neotropicum* con un 0,78% de asociación comensalista (Anexo 1). En observaciones de campo, las densidades de *Coccus viridis* tendían a

aumentar cuando se encontraban asociadas a hormigas que, en nuestro caso fueron seis (*Linepithema neotropicum*, *P. radoszkowskii*, *Brachimyrme heeri*, *P. fallax*, *Pseudomyrmex* sp. 1, *S. geminata*) especies asociadas en comensalismo en cultivos a libre exposición frente a tres (*W. auropunctata*, *Crematogaster* sp. 2 y *S. geminata*) en cultivos con sombra asociada (Anexo 1). Lo cual podría explicar su mayor abundancia y proporción de asociaciones en cultivos de sol.



Figura 10. Asociación entre: **a)** *Pheidole Radoszkowskii* y *Alecanochiton marquesi*, parte media de la planta en pedúnculo; **b)** *Coccus viridis* en el fruto parte basal; **c)** *Wasmannia auropunctata* y *Dysmicoccus brevipes* en el tallo de la parte basal

8.2.3 Depredación

Especies oportunistas de hormigas, como aquellas que asisten “hemípteros” también son comúnmente depredadores generalistas y, simultáneamente, con el aprovechamiento de ligamaza en las hojas o en los insectos, pueden cazar algunos de ellos (Fernández & Delabie, 2003)

Esta interacción sólo fue observada en cultivos a libre exposición entre *P. radoszkowskii* y *D. brevipes* (Anexo 1.) donde la hormiga transportaba en sus mandíbulas al pseudocóccido a través del tallo de la planta y posteriormente lo atacaba. La frecuencia de esta asociación fue la menor registrada en campo (0,13%), resultados similares se encontraron en el trabajo de Franco *et al.* (2003) en el cual la depredación se observó únicamente en especies del género *Pheidole* sp.y *Solenopsis* sp. con *Saissetia coffea*.

8.3 Frecuencia de ocurrencia de insectos escama en la planta de café

8.3.1 Por estrato arbóreo

La parte media de la planta de café, fue el estrato donde la frecuencia de insectos escama fue mayor (41,65%), seguida de la parte basal (37,59%) y por último la apical (20,57%); de las 14 especies de insectos escama, 10 fueron encontradas en los tres estratos: *Insignorthezia insignis* sólo en la parte basal, mientras que *Ceroplastes* sp. 1 y *Saissetia coffeae* únicamente en la parte media de la planta (Tabla 2). Tanto *I. insignis* y *Saissetia coffeae* han sido reportadas en partes aéreas de la planta (Kondo, 2001), sin embargo, se destaca la presencia de *A. marquesi* por estar presente en los tres tercios de la planta con alta frecuencia para todos los estratos en relación a las otras escamas.

Entre los dos tipos de cultivo la presencia de insectos escama fue mayor en la parte apical y media en cultivos con sombra, mientras que en la parte basal su presencia fue mayor en cultivos sin sombra. De forma general en los estratos medio y bajo se presentó la mayor presencia de insectos escama (Tabla 2) debido a que estos representan la zona productiva de la planta en la cual según Ramirez *et al.* (2000) la composición de los líquidos transportados a través del floema en la planta, incide directamente sobre la cantidad y calidad de la miel producida por los hemípteros e, indirectamente, sobre la cantidad de energía disponible para las hormigas. En este sentido, Franco *et al.* (2003) demuestran que la estructura y el tipo de superficie de las plantas influyen en la capacidad de los hemípteros para obtener los fluidos vegetales al afectar indirectamente las asociaciones con las hormigas.

Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia de insectos escama por estrato arbóreo (apical, medio y basal).

Insecto escama	Alto		Medio		Bajo	
	L. exposición	Con sombra	L. exposición	Con sombra	L. exposición	Con sombra
<i>Selenaspidus articulatus</i> (Morgan, 1889)	0,29	0,07	0,15	0,36	0,15	0,51
<i>Alecanochiton marquesi</i> Hempel, 1921	4,57	7,69	11,76	11,18	15,38	7,26
<i>Dysmicoccus brevipes</i> (Cockerell, 1893)	0,51	0,58	2,32	2,83	4,35	3,12
<i>Akermes</i> sp	0,00	0,65	0,73	3,05	0,94	1,74
<i>Saissetia neglecta</i> De lotto, 1969	1,02	1,31	1,60	1,81	0,65	0,94
<i>Coccus viridis</i> (Green, 1889)	0,94	0,29	1,38	0,51	0,87	0,07
<i>Ceroplastes</i> sp1	0,00	0,00	0,29	0,15	0,07	0,00
<i>Saissetia coffeae</i> (Walker, 1852)	0,00	0,00	0,15	0,29	0,00	0,00
<i>Saissetia</i> sp3	0,07	0,07	0,15	0,00	0,07	0,07
<i>Parasaissetia nigra</i> (Nietner, 1861)	0,07	0,65	0,36	0,65	0,36	0,22
<i>Saissetia</i> sp4	0,15	1,45	0,00	1,52	0,07	0,44
<i>Planococcus complejo citri-minor</i>	0,07	0,07	0,29	0,15	0,15	0,00
<i>Ceroplastes</i> sp2	0,07	0,15	0,00	0,00	0,07	0,00
<i>Insignorthezia insignis</i> (Browne, 1887)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
total	20,75		41,65		37,59	

8.3.2 Por estructura de la planta

Ya que muchos de los hemípteros cuidados por hormigas se alimentan del xilema y/o floema de la planta hospedera usando sus estiletes en búsqueda de savia (actividad que les toma desde minutos hasta varias horas), los insectos escama, son considerados potenciales presas fáciles para muchos de sus depredadores, debido a su incapacidad de retirar de forma rápida los estiletes, este comportamiento ha favorecido la evolución de la mirmecofilia en diferentes grupos de especies (Fernández & Delabie, 2003)

En los resultados obtenidos, el mayor porcentaje de insectos escama se encontró en el pedúnculo (42,38%) seguido del fruto (23,22%), rama (18,82%) y tallo (14,08%). El menor porcentaje fue observado en las hojas (1,49%) (Tabla 3), de tal forma, que esta preferencia de insectos escama por estas estructuras (pedúnculo, frutos) puede llegar a convertirse en un problema económico y debe ser foco de atención y vigilancia fitosanitaria, sobre todo en especies como *A. marquesi*. La cual, en poblaciones altas podría provocar secamiento y caída del fruto. Trayendo consigo disminución en

producción y generación de pérdidas para el agricultor (Cardenas-Murillo, 1985, Caballero *et al.*, 2019)

Tabla 3. Frecuencia de insectos escama por estructura de la planta de café.

Insecto escama		Estructura de la planta				
Familia	Especie	Fruto	Pedunculo	Tallo	Rama	Hoja
Coccidae	<i>Alecanochiton marquesi</i> Hempel 1921	8,94	32,90	5,69	10,09	0,00
	<i>Akermes</i> sp	0,34	0,54	4,33	1,42	0,07
	<i>Saissetia neglecta</i> De lotto, 1969	2,71	2,64	0,27	1,49	0,00
	<i>Coccus viridis</i> (Green, 1889)	2,44	0,95	0,00	0,41	0,41
	<i>Ceroplastes</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,61	0,00
	<i>Saissetia coffeae</i> (Walker, 1852)	0,07	0,00	0,07	0,20	0,00
	<i>Saissetia</i> sp3	0,14	0,20	0,00	0,07	0,00
	<i>Parasaissetia nigra</i> (Nietner, 1861)	1,02	0,14	0,07	0,54	0,27
	<i>Saissetia</i> sp4	1,76	0,47	0,47	0,61	0,14
	<i>Ceroplastes</i> sp2	0,07	0,00	0,00	0,20	0,07
Pseudococcidae	<i>Dysmicoccus brevipes</i> (Cockerell, 1893)	4,74	4,27	3,05	3,05	0,00
	<i>Planococcus complejo citri-minor</i>	0,20	0,20	0,07	0,07	0,07
Diaspididae	<i>Selenaspidus articulatus</i> (Morgan, 1889)	0,81	0,07	0,07	0,07	0,41
Ortheziidae	<i>Insignorthezia insignis</i> (Browne, 1887)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
Total		23,22	42,38	14,08	18,82	1,49

8.4 Frecuencia de asociaciones

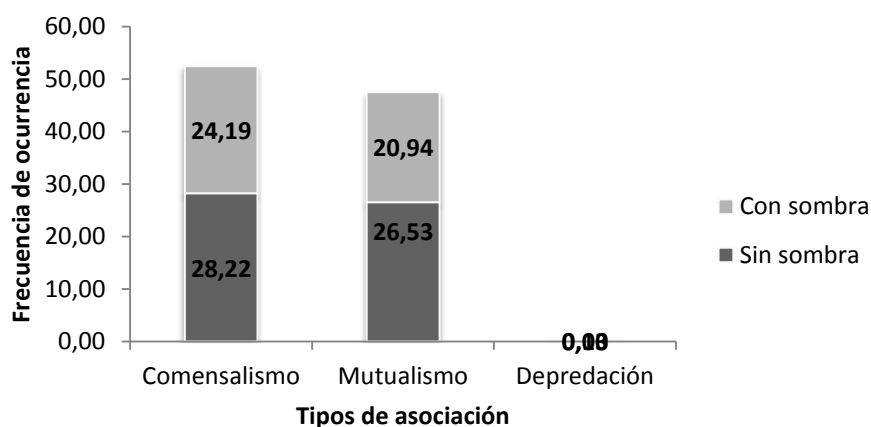


Figura 11. Frecuencia de asociaciones por tipo de cultivo.

8.4.1 Por estrato arbóreo

De los tres tercios de las plantas, la parte basal presentó la de mayor frecuencia de asociaciones (47,98%), siendo mayor en los cultivos sin sombra (54,88%), seguida de la parte media donde muy similares para los dos tipos de cultivo (20,81% y 20,16%) y la parte apical como la de menor frecuencia de asociaciones (11,05%) (Tabla 4), resultados que concuerdan con los de Franco *et al.*, (2003), quienes explican que la frecuencia de asociaciones en los estratos medio y bajo, se debe a que éstos corresponden a la zona productiva de la planta, es decir, las ramas con mayor cantidad de frutos que, como se evidenció, corresponden a una de las estructuras vegetales más preferidas por los insectos escama.

Tabla 4. Frecuencia de asociaciones por estrato arbóreo.

Estrato arbóreo	L. exposición	Con sombra	Total
Basal	30,69	17,30	47,98
Media	20,16	20,81	40,96
Apical	4,03	7,02	11,05
Total	54,88	45,12	100,00

8.4.2 Por estructura de la planta

El pedúnculo es la estructura donde se registró el mayor número de asociaciones, siendo mayor la frecuencia en los cultivos a libre exposición (26,70%) frente a los cultivos con sombra asociada (13,50%), seguida de fruto y rama, donde la frecuencia de las asociaciones fueron mayores en los cultivos sin sombra (11,17% y 12,89%, respectivamente), mientras que la estructura del tallo, representó un mayor porcentaje de asociaciones en cultivos con sombra (12,89%) siendo la hoja la estructura del cafeto donde menor frecuencia de asociaciones se registró para los dos tipos de cultivo (0,41%) (Figura 12). Esto se explica debido a que estructuras como hojas, presentan una caída temprana, una mayor posibilidad de depredación y por ende un menor número de asociaciones (Washburn, Frankie, & Grace, 1985)

Esto se encuentra en consonancia con lo observado por Buckley (1987), en donde la resistencia de la planta al ataque de insectos puede variar haciendo que ocurra una discriminación entre ramas u hojas en particular, y que algunas estructuras sean más susceptibles como observado en partes de la planta como pedúnculo y fruto, donde la concentración de hemípteros fue mayor debido aparentemente a la disponibilidad de floema.

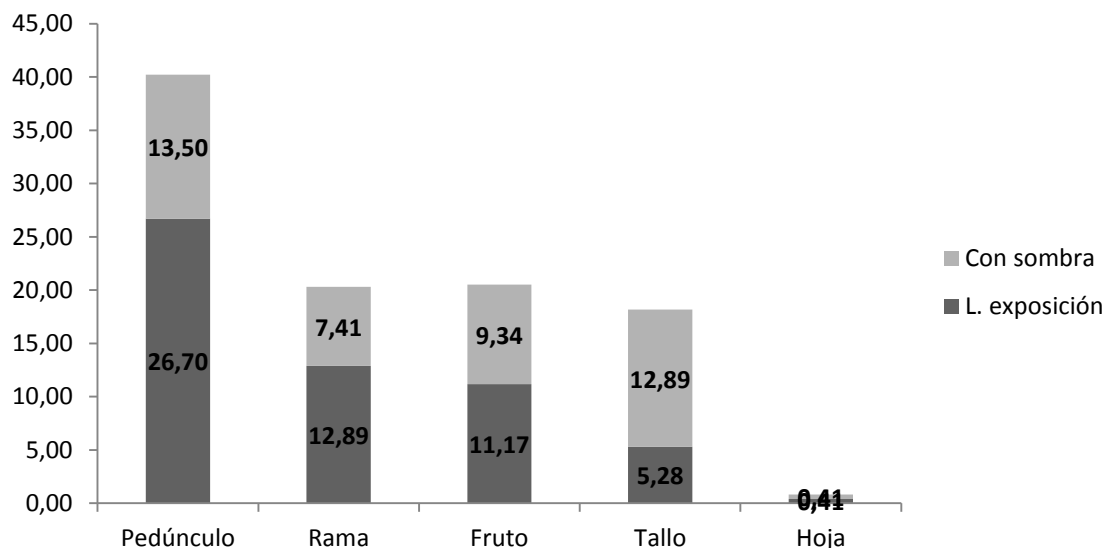


Figura 12. Frecuencia de asociaciones por estructura de la planta.

8.4.3 Por subfamilia de hormigas por tipo de cultivo

De forma general el mayor número de asociaciones se observó en cultivos sin sombra que en los con sombra. La subfamilia de hormigas que presentó la mayor frecuencia de asociaciones en los dos tipos de cultivo fue Myrmicinae con ocho especies (70,74%), seguida de Dolichoderinae con cinco especies (24,71%) y Formicinae con dos especies (4,42%). Así mismo, Pseudomyrmecinae, fue la subfamilia con más baja asociación encontrada (1,13%) con solo una especie, en cultivos sin sombra (Tabla 5). Por otro lado, Ponerinae fue la única subfamilia que no se observó en ningún tipo de asociación, aunque Gullan *et al.* (1997), reportan algunos casos de explotación por parte de Ponerinae.

El alto porcentaje de interacciones de Myrmicinae se debió a la alta población de *P. radoszkowskii* y *S. geminata*. Por otro lado *L. neotropicum* representó el mayor número de individuos para la subfamilia Dolichoderinae, esta especie se caracteriza por anidar en la hojarasca y aprovechar partículas de tierra que se acumulan entre las hojas, formando la base para sus nidos (Ramirez *et al.*, 2000). Estos resultados concuerdan con el trabajo de Castaño (1998) quién realizó una revisión de las relaciones mutualistas entre hormigas, hemípteros y plantas, así como un balance entre el costo y beneficio de la relación, confirmando que, principalmente, las subfamilias Dolichoderinae, Myrmicinae y Formicinae se alimentan de secreciones azucaradas que excretan los hemípteros. Igualmente, estos resultados coinciden con lo encontrado por Sudd (1987), quien demostró que para las hormigas filogenéticamente más avanzadas como Formicinae y Dolichoderinae, que en este caso las subfamilias más frecuentes en asociaciones, el alimento líquido como la ligamaza o rocío de miel está más disponible, ya que gracias al estómago social de obreras o forrajeras especializadas, este líquido puede ser fácilmente recolectado, almacenado y pre-digerido.

Tabla 5. Frecuencia de asociaciones por subfamilia de hormigas en los dos tipos de cultivo.

Familia	Libre exposición	Con sombra	Total
Myrmicinae	31,08	39,66	70,74
Dolichoderinae	20,68	4,03	24,71
Formicinae	2,99	1,43	4,42
Pseudomyrmecinae	0,13	0,00	0,13
Total	54,88	45,12	100,00

8.4.4 Por especie de hormigas en los dos tipos de cultivo

Según Wood (1982) las plantas perennes como el café, a diferencia de las anuales, proporcionan mejores sitios para asistencia de hormigas, dado que estos sitios son predecibles y pueden ser objeto de explotación permanente por las hormigas de la colonia. Siendo así, la tasa de sobrevivencia de los Hemiptera, va a depender también de la especie de hormiga que los protege y de su dominancia (Buckley & Gullan, 1991;

Gullan, 1997; Wood, 1982). De las 16 especies de hormigas que se encontraron asociadas a insectos escama, 10 se reportaron para cultivos a libre exposición y 12 para cultivos con sombra asociada. Las especies de hormigas que presentaron mayor frecuencia de asociaciones en los dos tipos de cultivo, fueron *L. neotropicum*, *P. rodozskowskii* y *S. geminata*, para el cultivo sin sombra. *L. neotropicum* fue la especie con mayor proporción de asociaciones (18,34%), seguida de *Pheidole rodozskowskii* (16,38%) y *S. geminata* (13,26%), mientras que *Pheidole rodozskowskii* lo fue para el cultivo con sombra (22,11%), seguida de *S. geminata* (8,32%) y *W. auropunctata* (6,89%) (Tabla 6). Según Franco et al. (2003), las localidades donde el brillo solar es alto, como los cultivos sin sombra, se caracterizan por favorecer la actividad de hormigas, lo que a su vez incrementa la población de hemípteros como insectos escama, por la protección que éstas les brindan.

Tabla 6. Frecuencia de asociaciones por especie de hormigas en los dos tipos de cultivo

Especie	Libre exposición	Con sombra	Total
<i>Linepithema neotropicum</i> (Wild,2007)	18,34	2,86	21,20
<i>Pheidole rodozskowskii</i> (Mayr,1884)	16,38	22,11	38,49
<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	13,26	8,32	21,59
<i>Brachymyrmex heeri</i> (Forel, 1874)	2,99	1,04	4,03
<i>Linepithema piliferum</i> (Mayr, 1870)	2,21	0,00	2,21
<i>Pheidole fallax</i> (Mayr, 1870)	0,65	0,26	0,91
<i>Solenopsis</i> sp. 2 (Westwood, 1840)	0,52	0,00	0,52
<i>Crematogaster</i> sp. 2 (Lund, 1831)	0,26	0,65	0,91
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1 (Lund, 1831)	0,13	0,00	0,13
<i>Dorymyrmex brunneus</i> (Mayr, 1866)	0,13	0,00	0,13
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	0,00	6,89	6,89
<i>Crematogaster</i> sp. 1 (Lund, 1831)	0,00	1,17	1,17
<i>Linepithema iniquum</i> (Mayr, 1870)	0,00	0,65	0,65
<i>Azteca</i> sp. 1 (Forel, 1878)	0,00	0,52	0,52
<i>Camponotus</i> sp. 3 (Mayr, 1861)	0,00	0,39	0,39
<i>Nesomyrmex asper</i> (Mayr, 1887)	0,00	0,26	0,26
Total	54,88	45,12	100,00

8.4.5 Por familia y especie de insectos escama en los dos tipos de cultivo

Los resultados demuestran que 12 de las 14 especies de insectos escama se encontraron asociadas con hormigas, la familia encontrada en mayor proporción fue Coccidae con 78,91% del total de observaciones, se destaca *A. marquesi* en cultivos de sol (34,77%) y sombra (20,83%) seguida de *D. brevipes* con 20,83% que presentó mayor proporción de asociaciones en sol (10,42%) y sombra (9,90%). La familia de menor participación fue Diaspididae con 0,26%. Ortheziidae, por otro lado, no presentó ninguna asociación (Tabla 7).

El número mayor de especies de insectos escama asociadas a hormigas se presentó en cultivos con sombrero en donde las doce especies estuvieron asociadas, a diferencia de los cultivos sin sombra donde *Ceroplastes* sp. 2, *Saissetia coffeae* y *Saissetia* sp. 4 no presentaron asociación. A pesar de esto la proporción de asociaciones fue mayor en cultivos sin sombra (55,21%) frente a los cultivos con sombrero (45,05%) (Tabla 7) esto, debido al número de individuos de insectos escama que fue mayor en monocultivo (0,58%) que en policultivo (0,42%) (Tabla 1).

Tabla 7. Proporción de asociaciones de insectos escama (familia y especie) en los dos tipos de cultivo.

Familia/Especie	Libre exposición	Con sombra	Total
Coccidae	44,01	34,90	78,91
<i>Akermes</i> sp.	2,73	8,59	11,33
<i>Alecanochiton marquesi</i>	34,77	20,83	55,60
<i>Ceroplastes</i> sp. 2	0,00	0,13	0,13
<i>Coccus viridis</i>	2,73	0,52	3,26
<i>Parasaissetia nigra</i>	0,39	0,52	0,91
<i>Saissetia coffeae</i>	0,00	0,39	0,39
<i>Saissetia neglecta</i>	3,13	2,73	5,86
<i>Saissetia</i> sp. 3	0,26	0,26	0,52
<i>Saissetia</i> sp. 4	0,00	0,91	0,91
Diaspididae	0,13	0,13	0,26
<i>Selenaspidus articulatus</i>	0,13	0,13	0,26
Pseudococcidae	10,81	10,03	20,83
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	10,42	9,90	20,31
<i>Planococcus Citri-minor</i>	0,39	0,13	0,52
Total general	55,21	45,05	100,26

9 Composición de especies y variables ambientales

9.1 Composición de hormigas

La riqueza encontrada en la parte aérea de cafetales bajo sombra fue de 28 especies y en cultivos de libre exposición de 20 especies ; en cultivos de sombra asociada no se encontraron cuatro especies que eran exclusivas de libre exposición, y en cultivos de libre exposición no se encontraron 12 especies que eran exclusivas de sombra. Las especies que por su abundancia contribuyeron a la diferenciación entre los dos tipos de cultivo fueron *P. radoszkowskii*, *L. neotropicum*, *S. geminata* y *W. auropunctata*, esta última fue encontrada solamente en cultivos con sombra asociada (cultivo con mayor riqueza de especies), aunque Armbrecht y Ulloa-Chacón (2003) correlacionaron negativamente la abundancia y dominancia de esta especie con la riqueza de hormigas en los relictos de bosque seco, probablemente la diferencia de resultados obedezcan a características particulares de los sistemas cafeteros principalmente en su estructura aérea o bien a factores determinantes como las prácticas de manejo y en este caso por las asociaciones encontradas con insectos escama, ya que la asociación que se encontró en mayor frecuencia con *W. auropunctata*, se registró con *Akermes* sp. Escama que fue más abundante en cultivos con sombra que en cultivos de libre exposición.

Por otro lado, *L. neotropicum* se caracteriza por anidar en hojarasca y aprovechar partículas de tierra que se acumulan entre las hojas, formando una base para sus nidos (Ramirez et al., 2000), esta especie junto con *W. auropunctata* también fueron registradas en asociaciones por el trabajo realizado por Mera-Velasco, Gallego-Roperó y Armbrecht (2010), en el cual, estas dos especies fueron las hormigas con mayor porcentaje de asociación.

La composición de especies de hormigas y su relación con las variables ambientales (temperatura ambiental, temperatura del suelo y humedad relativa) para cada tipo de cultivo, se observó que las especies de hormigas en cultivos a libre exposición es más homogénea en comparación a los cultivos con sombra asociada donde la composición fue más heterogénea (Figura 13). Esto coincide con las variables ambientales, donde el

cultivo de libre exposición estuvo relacionado a una alta temperatura ambiental y poca humedad relativa. Sin embargo, la temperatura del suelo no presentó un efecto directo sobre la composición de hormigas al no ser significativa ($p > 0.05$) (Tabla 8.), lo cual pudo deberse a que las hormigas fueron capturadas en la parte aérea de la planta. Por el contrario el sistema de sombra estuvo muy relacionado con una alta humedad relativa y baja temperatura ambiental al presentar valores de significancia menores a ($p > 0.05$). (Tabla 8.)

Tabla 8. Valores de significancia de variables ambientales en hormigas.

	NMDS1	NMDS2	
T. amb	-0.76	-0.64	0.023 *
T. suelo	-0.05	-0.99	0.194
Humedad	0.98	0.16004	0.007 **

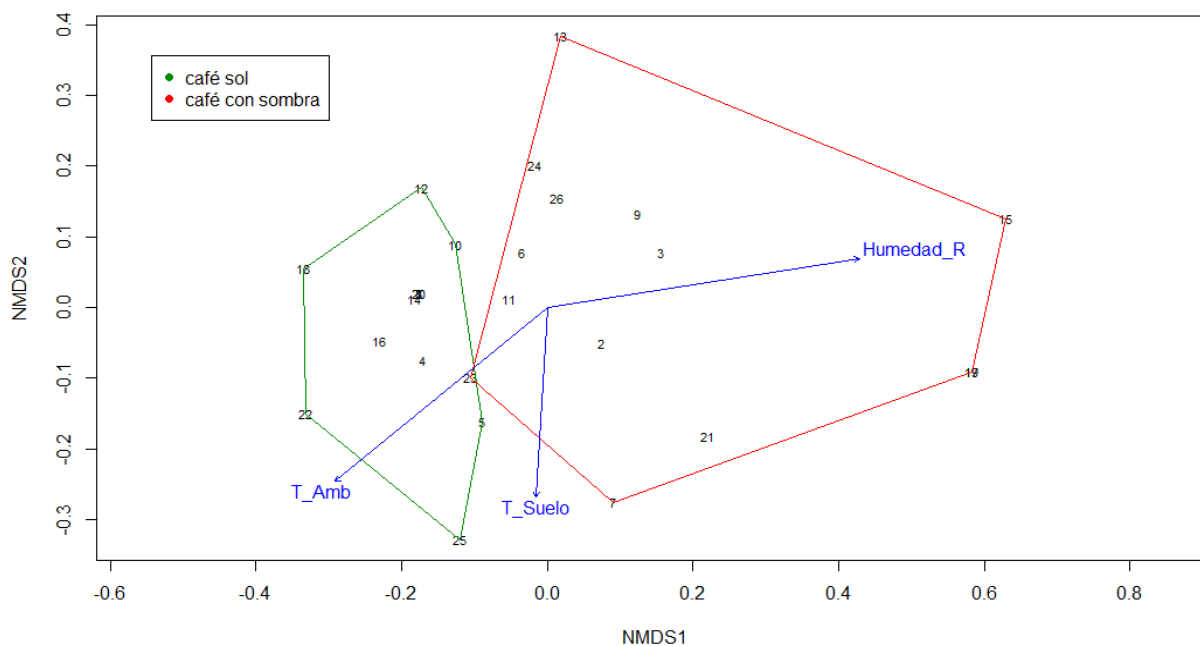


Figura 13. Escalamiento multidimensional no métrico de la composición de hormigas en los sistemas de cultivo. Valor de stress 0,147.

9.2 Composición de escamas

La riqueza de insectos escama fue de 14 especies para cultivos de libre exposición, y para cultivos con sombra asociada se registraron 13 especies, la especie que no estuvo presente en sombra fue *Insignorthezia insignis*, especie que se recolectó en el último muestreo realizado en el mes de Junio en cultivos de libre exposición, éstos ortézidos suelen incrementarse en épocas secas, de baja humedad (Bustillo , 2008), razón por la cual probablemente no se recolectó entre los meses de Marzo a Mayo, época en la cual la lluvia incrementa (IDEAM, 2013). Mientras tanto, especies más representativas por su abundancia fueron *A. marquesi* y *D. brevipes*, su presencia se destacó en cultivos de libre exposición, debido a que zonas con temperaturas más altas propician condiciones que favorecen la proliferación de insectos plaga (Villareyna Acuña, 2016), mientras que los cultivos con sombra crean condiciones de amortiguamiento contra brotes extremos de plagas y enfermedades, favoreciendo la productividad y sostenibilidad de cafetal (Perfecto *et al.*, 2010).

Para los insectos escama y su relación con las variables ambientales, a diferencia de las hormigas, se encontró una composición más variada en cultivos de libre exposición que en cultivos con sombra, donde tiende a ser más homogénea. En este caso las variables ambientales de temperatura ambiental, temperatura del suelo y humedad relativa en cultivos a libre exposición presentaron valores de significancia con $p < 0.05$, afectando y/o influyendo en la composición de especies en los cultivos de estudio (Tabla 9.). Para el caso de las escamas, la temperatura del suelo si presentó un efecto directo sobre la composición de las mismas, lo cual probablemente se debe a que estos organismos necesitan de temperaturas más cálidas para evitar su deshidratación, explicando por consiguiente el por qué algunas especies de hormigas las recubren con materia orgánica a fin de evitar su deshidratación además de servirles estas estructuras como protección.

Tabla 9. Valores de significancia de variables ambientales en insectos escama.

	NMDS1	NMDS2	
T. amb	0.97	0.22	0.004 **
T. suelo	0.91	0.39	0.032 *
Humedad	0.98	0.19	0.001 ***

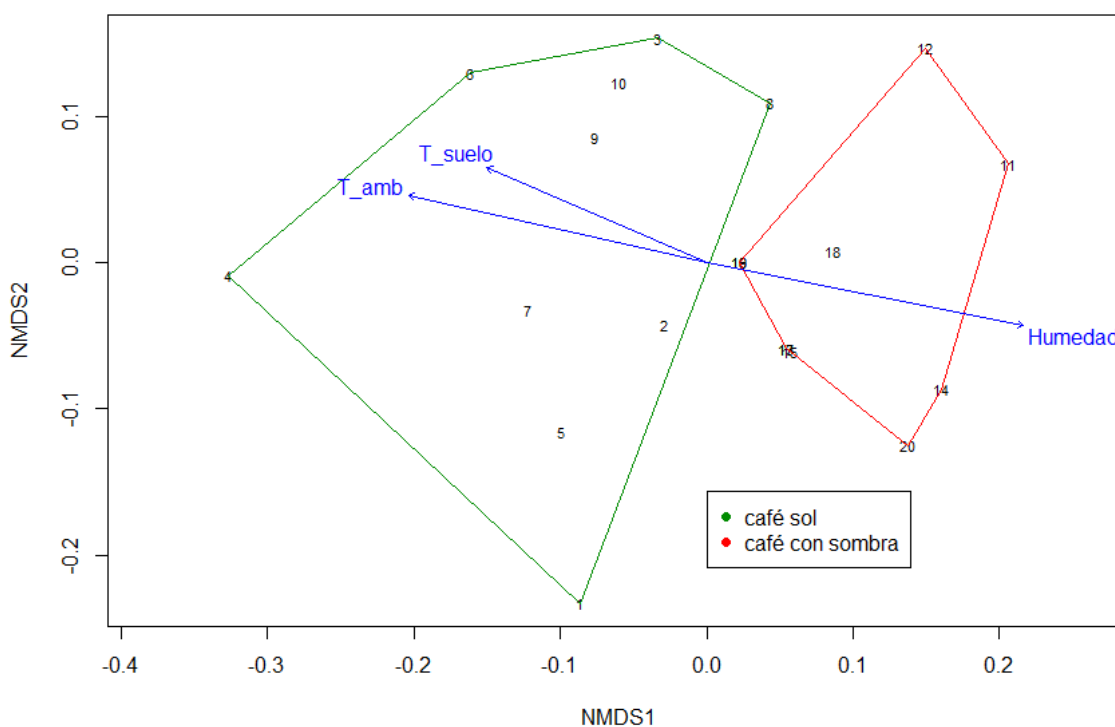


Figura 14. Escalamiento multidimensional no métrico de la composición de insectos escama en los sistemas de cultivo. Valor de stress 0,171.

10. Hormigas sin asociación en la parte aérea del cafeto

En términos generales, no se reportó asociación con insectos escama en 16 especies de hormigas del total encontrado. Para el cultivo con sombrero asociado, 14 especies de las 32 registradas, no presentaron asociación con insectos escama, mientras que para los cultivos a libre exposición, solo siete especies no presentaron asociación (Tabla 10).

Tabla 10. Hormigas que no presentaron asociación con insectos escama en la parte aérea del cafeto

Subfamilia	Especie	A libre exposición	Con sombra asociada
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus</i> sp.1		X
Formicinae	<i>Camponotus sericeiventris</i>	X	X
	<i>Camponotus indianus</i>	X	X
	<i>Camponotus</i> sp. 1	X	X
	<i>Nylanderia</i> sp. 1		X
Myrmicinae	<i>Cephalotes</i> sp. 1		X
	<i>Cephalotes</i> sp. 2		X
	<i>Pheidole</i> sp. 2		X
	<i>pheidole</i> sp. 4		X
	<i>Pheidole</i> sp. 5	X	
	<i>Procryptocerus</i> sp. 1		X
Ponerinae	<i>Hypoponera</i> sp. 1	X	
	<i>Neoponera</i> sp. 1		X
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex gracilis</i>		X
	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	X	X
	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 3	X	X

Algunos trabajos reportan a las hormigas de los géneros *Pheidole*, *Hypoponera*, y *Pseudomyrmex* como potenciales agentes de control biológico (Rico-Gray & Oliveira, 2007), mientras que las del género *Procryptocerus* se caracterizan por ser solitarias, oportunistas y arbóreas, por lo general asociadas a sitios con un buen nivel de sombra (Sinisterra, Gallego-Roper, & Armbrecht, 2016) que frecuentan árboles y anidan en ramas (Arenas-clavijo & Armbrecht, 2018). Por otro lado, algunos de los géneros aquí registrados, como *Camponotus*, *Pheidole* y *Pseudomyrmex*, han sido reportados interactuando con nectarios extraflorales (Sinisterra *et al.*, 2016) sin embargo, no han sido observados en asociación directa con insectos escama. Por su parte las hormigas del género *Neoponera* son consideradas como depredadoras, generalistas del suelo y hojarasca (Arenas-clavijo & Armbrecht, 2018), mientras que géneros como *Camponotus* y *Nylanderia*, son consideradas como oportunistas del suelo y vegetación.

10. CONCLUSIONES

La composición de hormigas e insectos escama en los dos cultivos de estudio, nos muestra que hay diferencias marcadas entre los dos sistemas, evidenciando que la estructura de cada cultivo juega un rol fundamental en la diversidad asociada y en las interacciones que se establecen, en este caso entre hormigas e insectos escama.

Las variables ambientales de Temperatura ambiental, temperatura del suelo, y humedad relativa se encontró que están muy asociadas a la composición de especies de escama en cada cultivo. Sin embargo, en las escamas, al afectar directamente la composición, al parecer también afectan la distribución de las mismas dentro del cultivo. Haciendo con que asociaciones donde se ve involucrada materia orgánica (tierra, hojas) para hacer recubrimientos por parte de las hormigas para la aparente protección de las escamas contra depredadores, también resulte probablemente que además sea de igual importancia para evitar la desecación de los cuerpos blandos de las escamas, como fue el caso de la escama blanda del marqués (*Alecanochiton marquesi*) al ser atendido por hormigas como *Pheidole radoszkowskii*, *Solenopsis geminata*, *Linepithema neotropicum*.

Se encontraron 32 especies de hormigas y 14 especies de insectos escama en la parte aérea del café en los dos tipos de sistema, de las cuales 16 especies de hormigas estuvieron involucradas en asociaciones con 12 especies de insectos escama. Presentándose la asociación de tipo comensalismo con una mayor frecuencia de ocurrencia (52,41%), seguida por la asociación de tipo mutualista (47,47%) y depredación (0,13%) respectivamente. Esto se debió a que en la asociación comensalista, estuvo asociada a un mayor número de especies (16) con respecto a la mutualista (10). Siendo la subfamilia Myrmicinae la de mayor número de asociaciones con las familias Coccidae y Pseudococcidae.

La escama *A. marquesi* se registra por primera vez en cultivos de café para Colombia y el departamento del Cauca y se propone como foco de atención y vigilancia fitosanitaria ya que además de presentar múltiples asociaciones trofobióticas con 14 especies de hormigas (*Azteca* sp. 1, *Brachymyrmex heeri*, *Camponotus* sp. 2, *Crematogaster* sp. 1, *Crematogaster* sp. 2, *Dorymyrmex brunneus*, *Linepithema iniquum*, *Linepithema neotropicum*, *Linepithema piliferum*, *Pheidole fallax*, *Pheidole radoszkowskii*, *S.*

geminata, *Solenopsis* sp. 2, *W. auropunctata*) se destaca como un especie de especial atención debido a los múltiples problemas económicos que ha ocasionado en otros países como Brasil y Puerto Rico. Al igual que especies de escama como *Dismicoccus*, *Akermes*, *Plaanococis citri*, las cuales deben de prestárseles especial atención debido a los múltiples daños físicos y económicos que pueden causar en cultivos de café.

La especie de hormiga *Pheidole radoszkowskii* fue la que presentó el mayor número de asociaciones (38,49%) seguida de *S. geminata* (21,59%) y *Linepithema neotropicum* (21,20%) con las diferentes especies de escama, por lo cual esta información debe ser tomada en cuenta para manejos agronómicos de hormigas ya que proporciona información base para posteriores investigaciones dirigidas a la interacción insectos escama-hormiga.

Es importante ampliar el muestreo de insectos escama en la parte aérea del cafeto a otras provincias biogeográficas no solo del departamento, sino del país. Considerando la diversidad de agroecosistemas de otras regiones de las cuales no existe material conservado en colecciones entomológicas, destacando que la posibilidad de que la diversidad de especies que falta por registrar asociadas a la parte aérea de plantas de café puede ser aún mayor.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Arenas-clavijo, A., & Armbrrecht, I. (2018). Gremios y diversidad de hormigas (Hymenoptera : Formicidae) en tres usos del suelo de un paisaje cafetero del Cauca-Colombia., *66*: 48–57.
- Armbrrecht, I., Rivera, L., & Perfecto, I. (2005). Reduced diversity and complexity in the leaf-litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology*, *19*(3), 897–907.
- Ben-Dov, Y. (2012). New data on the scale insects (Hemiptera , Coccoidea) of Tenerife , Canary Islands. *Arquipelago - Life and Marine Sciences*, *30*, 71–74.
- Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H., & Tscharntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes : a review on landscape composition , biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *273*, 1715–1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>
- Bristow, C. M. (1991). Oecologia are ant-aphid associations a tritrophic interaction ? Oleander aphids and Argentine ants. *Oecologia*, *87*, 514–521.
- Buckley, R. C. (1987). Interactions involving plants, homoptera, and ants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 111–135. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.000551>
- Buckley, R., & Gullan, P. (1991). more aggressive ant species (Hymenoptera : Formicidae) provide better protection for soft scales and mealybugs (Homoptera : Coccidae , Pseudococcidae). *Biotropica*, *23*(3), 282–286.
- Bustillo pardey, A. E. (2008). Insectos chupadores en los cafetales. In A. E. Bustillo pardey (Ed.), *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana* (pp. 333–341).
- Caballero, A., Ramos-portilla, A. A., Suárez-gonzález, D., Serna, F., Gil, Z. N., & Benavides, P. (2019). Los insectos escama (Hemiptera : Coccoomorpha) de raíces de café (*Coffea arabica* L.) en Colombia , con registros de hormigas (Hymenoptera : Formicidae) en asociación. *Ciencia y Teconología Agropecuaria*, *20*(1), 69–92. <https://doi.org/10.21930/rcta.vol20>
- Carver, M., Gross, G. F., & Woodward, T. E. (1991). Hemiptera. In *The Insects of Australia* 429–509. Melbourne: Naumann.
- Cepeda-valencia, J., Gomez P, D., & Nicholls, C. (2014). La estructura importa : abejas

- visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 241–250.
- Das, G. M. (1959). Observations on the association of ants with coccids of tea. In *Senior Entomologist, Tocklai Experimental Station*. (pp. 437–449). Londres: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Delabie, J. (2001). Trophobiosis Between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an Overview. *Neotropical Entomology*, 30(4), 501–516.
- Dixon, T., & Bernhard, S. (2008). *Mutualismo, hormigas y sus compañeros insectos*. (B. Stadler, Ed.). New York: Cambridge University.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2010). Historia del Café. Retrieved December 20, 2017, from http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_cafe/
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2017). Area cultivada según exposición solar por departamento-anual desde 2007.
- Fernández, F., & Delabie, J. H. C. (2003). Relaciones entre hormigas y “Homópteros” (Hemiptera: Sternorrhyncha y Auchenorrhyncha). In *Introducción a las hormigas de la región Neotropical* 7–23. Bogotá, D.C. <https://doi.org/10.13140/2.1.2839.2003>
- Fernández, F., Guerrero, R. J., & Delsinne, T. (2019). *Hormigas de Colombia* (primera ed). Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia, facultad de ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Fernández, F., & Sharkey, M. J. (2006). *Sistemática De Los Himenopteros De Colombia: Estado Del Conocimiento Y Perspectivas*. Instituto Alexander von Humboldt. <https://doi.org/10.13140/2.1.1528.4809>
- Forero, J. (2012). Estrategias adaptativas de la caficultura colombiana. In *Crisis y transformaciones del mundo del café* 37–75. Bogotá, D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Fornazier, M. J., Martins, D. S., Willink, M. C. G. D. E., Pirovani, V. D., Ferreira, P. S. F., & Zanuncio, J. C. (2017). Scale insects (Hemiptera : Coccoidea) associated with arabica coffee and geographical distribution in the neotropical region. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 89(4), 3083–3092. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160689>
- Franco, A., Cárdenas, R., Montoya, E. C., & Zenner, I. (2003). Hormigas asociadas con insectos chupadores en la parte aérea del cafeto.pdf. *Revista Colombiana de*

Entomologia, 29:95–105.

- Gallego-Ropero, M. C., & Armbrrecht, I. (2005). Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia, 32–40.
- Gil palacio, Z. N., & Benavides Machado, P. (2017). Descripción de la escama de la raíz del café *Toumeyella coffeae* Kondo (Hemíptera: Coccidae). *Cenicafé*, 68(1), 15–21.
- Grazia, J., Cavichioli, R. R., Wolff, V. R. S., Fernandes, J. A. M., Takiya, D., Rafael, J. A., & Constatntino, R. (2012). Hemíptera. *Insetos do Brasil* 347–405. Diversidade e Taxonomia.
- Guhl, A. (2004). Café y cambio de paisaje en la zona cafetera Colombiana entre 1970 y 1997. *Cenicafé*, 55(1), 29–44.
- Gullan, P. J. (1997). Relationships with ants. In C. Ben-Dov, Yair, Hodgson (Ed.), *World Crop Pests* 351–373. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1572437997800656>
- Gullan, P. J., & Martin, J. (2003a). Sternorrhyncha (Jumping plant lice, whiteflies, aphids, and scale insects). *Encyclopedia of Insects* 1079–1089. Academic Press.
- Gullan, P. J., & Martin, J. H. (2003b). Sternorrhyncha (Jumping Plant-Lice, Whiteflies, Aphids, and Scale Insects). In V. . Resh & R. . Cardé (Eds.), *Encyclopedia of Insects* (pp. 957–967). Cambridge, EE.UU. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00253-8>
- Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The ants*. Harvard University.
- ICA, I. C. A. (1989). *Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia* (4a ed.).
- ICO, I. coffee organization. (2009). Exports by exporting countries to all destinations.
- ICO, I. coffee organization. (2017). Exports by exporting countries to all destinations.
- IDEAM. (2013). Registros climáticos. Retrieved October 19, 2019, from Ideam.gov.co
- Kondo, T. (2001). Las cochinillas de Colombia (Hemiptera: Coccoidea). *Biota Colombiana*, 2(1), 31–48.
- Kondo, T. (2010). Insectos. In *Tecnología para el Cultivo del Mango* 105–139. Palmira.
- Kondo, T., Gullan, P. J., & Williams, D. J. (2008). coccidologia. el estudio de insectos

- escama. *Corpoica Ciencia Y Tecnología Agropecuaria.*, 9(2), 55–61.
- Kozár. (2004). *Ortheziidae of the world* (Plant prot). Budapest, Hungary: Hungarian Academy of sciences.
- Oksanen, A., Blanchet, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., ... Wagner, H. (2016). Package “vegan.”
- Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R., & Van der Voort, M. E. (1996). Shade Coffee : A Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 46(8), 598–608. <https://doi.org/10.2307/1312989>
- 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, 218–221. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.007>
- Perfecto, I., Vandermeer, J., & Philpott, S. M. (2010). Complejidad ecológica y el control de plagas en un cafetal orgánico : develando un servicio ecosistémico autónomo. *Agroecología*, 5, 41–51.
- Philpott, S. M., Arendt, W. J., Armbrecht, I., Bichier, P., Diestch, T. V, Gordon, C., ... Jos, E. (2008). Biodiversity Loss in Latin American Coffee Landscapes : Review of the Evidence on Ants , Birds , and Trees. *Conservation Biology*, 22(5), 1093–1105. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01029.x>
- Pimentel, D., Wilson, C., Mccullum, C., Huang, R., Dwen, P., Tran, Q., ... Cliff, B. (1997). Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. *BioScience*, 47(11), 747–757.
- R Core Team. (2016). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Rafael, J. A., Melo, G. A. R., Carvalho, C. D., Casari, S. A., & Constatntino, R. (2012). *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*.
- Ramirez, M., Chacón, P., Armbrecht, I., & Calle, Z. (2000). Contribución al conocimiento de las interacciones entre plantas, hormigas y homópteros en bosques secos de Colombia. *Caldasia*, 23(2), 523–536.
- Rico-Gray, V., & Oliveira, P. (2007). *The ecology and evolution of ant-plant interactions*. Chicago, United states: The University of Chicago Press.
- Sakata, H. (1994). how an ant decides to prey on or to attend aphids. *Population*

Ecology, 36(1), 45–51.

Sánchez Rojas, A., Hartman Ulloa, K., & Almonacid Márquez, R. (2012). El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. *Ambiente Y Desarrollo*, 15(30), 93–104.

SEL, S. entomology laboratory. (2003). Exports by exporting countries to all destinations.

Sinisterra, R. M., Gallego-Ropero, M. C., & Armbrecht, I. (2016). Hormigas asociadas a nectarios extraflorales de árboles de dos especies de *Inga* en cafetales de Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 65(1), 9–15.

Taylor, P., Maschwitz, U., Fiala, B., & Dolling, W. R. (1987). New trophobiotic symbioses of ants with South East Asian Bugs. *Journal of Nature History*, 21(October 2014), 1097–1107. <https://doi.org/10.1080/00222938700770681>

Vandermeer, J., Perfecto, I., & Philpott, S. (2010). Ecological Complexity and Pest Control in Organic Coffee Production: Uncovering an Autonomous Ecosystem Service. *BioScience*, 60(7), 527–537. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.7.8>

Vea, I. (2014). Morphology of the males of seven species of Ortheziidae (Hemiptera: Coccoidea). *American Museum Novitates*, 1(3812), 1–36. <https://doi.org/10.1206/3812.1>

Villareyna Acuña, R. A. (2016). *Efecto de la sombra sobre las plagas y enfermedades, a través del microclima, fenología y estado fisiológico del cafeto*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20347.72489>

Washburn, J. O., Frankie, G. w., & Grace, K. (1985). Effects of density on survival, development and fecundity of the soft scale, *Pulvinariella mesem? bryanthemi* (Homoptera: Coccidae), and its host plant. *Environmental Entomology*, 14, 755–761.

Way, M. J. (1963). Mutualism between ants and honeydew producing- homopterans. *Annual Review of Entomology*, 8, 307–344. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.08.010163.001515>

Williams, D. J., & Willink Granara, M. (1992). *Mealybugs of Central and South America* (20th ed.). Londres: International Institute of Entomology.

Wood, T. k. (1982). Ant-Attended Nymphal Aggregations in the *Enchenopa binotata* Complex (Homoptera: Membracidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 75(6), 649–653.

Zabala, G. A., Arango, L. M., & Chacón, P. (2013). Diversidad de hormigas (Hymenoptera : Formicidae) en un paisaje cafetero de Risaralda , Colombia, 39(1), 141–149.

ANEXOS

Anexo 1.Frecuencia de asociaciones totales entre insectos escama y hormigas registradas en campo

Insecto escama		Hormiga	Tipo de asociación							
familia	especies	Especie	Comensalismo		Mutualismo		Depredación		Total	
			Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra		
Coccidae	Akermes sp	<i>Brachymyrmex heeri</i>	0,13	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,3	
		<i>Crematogaster</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	0,00	0,9	
		<i>Linepithema neotropicum</i>	0,00	0,00	0,52	0,39	0,00	0,00	0,9	
		<i>Pheidole fallax</i>	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,1	
		<i>Pheidole radoszkowskii</i>	0,00	0,52	0,13	0,91	0,00	0,00	1,6	
		<i>Solenopsis geminata</i>	0,13	0,00	1,69	2,60	0,00	0,00	4,4	
		<i>Wasmannia auropunctata</i>	0,00	1,69	0,00	1,43	0,00	0,00	3,1	
		<i>Alecanochiton marquesi</i>	<i>Azteca</i> sp1	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
	<i>Brachymyrmex heeri</i>		1,95	0,52	0,39	0,13	0,00	0,00	3,0	
	<i>Camponotus</i> sp2		0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,4	
	<i>Crematogaster</i> sp1		0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,3	
	<i>Crematogaster</i> sp2		0,13	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,4	
	<i>Dorymyrmex brunneus</i>		0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1	
	<i>Linepithema iniquum</i>		0,00	0,13	0,00	0,26	0,00	0,00	0,4	
	<i>Linepithema neotropicum</i>		7,02	0,78	4,55	0,52	0,00	0,00	12,9	
	<i>Linepithema piliferum</i>		0,78	0,00	1,04	0,00	0,00	0,00	1,8	
	<i>Pheidole fallax</i>		0,39	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,5	
	<i>Pheidole radoszkowskii</i>		10,92	12,61	1,56	2,60	0,00	0,00	27,7	
	<i>Solenopsis geminata</i>		0,78	0,39	4,68	0,26	0,00	0,00	6,1	
	<i>Solenopsis</i> sp2		0,26	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,4	
	<i>Wasmannia auropunctata</i>		0,00	1,04	0,00	0,39	0,00	0,00	1,4	
	<i>Ceroplastes</i> sp1		—	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0

	<i>Ceroplastes</i> sp2	<i>CreMATogaster</i> sp2	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
	<i>Coccus viridis</i>	<i>Wasmannia auropunctata</i>	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>CreMATogaster</i> sp2	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>BrachimyrMEX heeri</i>	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Linepithema neotropicum</i>	0,78	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	1,2
		<i>Linepithema piliferum</i>	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Pheidole fallax</i>	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Pheidole radoszkowskii</i>	0,39	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,7
		<i>Pseudomyrmex</i> sp1	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Solenopsis geminata</i>	0,13	0,13	0,26	0,13	0,00	0,00	0,7
		<i>Parasaissetia nigra</i>	<i>Linepithema neotropicum</i>	0,00	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00
	<i>Pheidole radoszkowskii</i>		0,13	0,39	0,13	0,00	0,00	0,00	0,7
	<i>Saissetia coffeae</i>	<i>Pheidole radoszkowskii</i>	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,3
		<i>Wasmannia auropunctata</i>	0,00	0,13	0,00	0,13	0,00	0,00	0,3
	<i>Saissetia neglecta</i>	<i>Azteca</i> sp1	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,3
		<i>BrachimyrMEX heeri</i>	0,00	0,13	0,00	0,13	0,00	0,00	0,3
		<i>CreMATogaster</i> sp2	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Linepithema iniquum</i>	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,3
		<i>Linepithema neotropicum</i>	0,78	0,00	1,04	0,00	0,00	0,00	1,8
		<i>Nesomyrmex asper</i>	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Pheidole fallax</i>	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Pheidole radoszkowskii</i>	0,91	0,78	0,00	0,39	0,00	0,00	2,1
		<i>Solenopsis geminata</i>	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00	0,00	0,4
		<i>Wasmannia auropunctata</i>	0,00	0,26	0,00	0,13	0,00	0,00	0,4
	<i>Saissetia</i> sp3	<i>Linepithema neotropicum</i>	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Azteca</i> sp1	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Solenopsis geminata</i>	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Pheidole radoszkowskii</i>	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,1
	<i>Saissetia</i> sp4	<i>Pheidole radoszkowskii</i>	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,3
		<i>CreMATogaster</i> sp2	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Linepithema neotropicum</i>	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,3
		<i>Nesomyrmex asper</i>	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Wasmannia auropunctata</i>	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
Pseudococcidae	<i>Dysmicoccus brevipēs</i>	<i>Wasmannia auropunctata</i>	0,00	0,26	0,00	1,17	0,00	0,00	1,4
		<i>BrachimyrMEX heeri</i>	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,4

		<i>Linepithema neotropicum</i>	0,39	0,00	2,60	0,78	0,00	0,00	3,8
		<i>Linepithema piliferum</i>	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,3
		<i>Pheidole radoszkowskii</i>	0,65	0,78	1,04	2,47	0,13	0,00	5,1
		<i>Solenopsis geminata</i>	0,39	0,39	4,42	4,03	0,00	0,00	9,2
		<i>Solenopsis sp.2</i>	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
	<i>Planococcus citri-minor</i>	<i>Solenopsis geminata</i>	0,00	0,00	0,39	0,13	0,00	0,00	0,5
Diaspididae	<i>Selenaspis articulatus</i>	<i>Pheidole radoszkowskii</i>	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
		<i>Solenopsis geminata</i>	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
Ortheziidae	<i>Insignorthezia insignis</i>	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
	Subtotal		28,22	24,19	26,53	20,94	0,13	0,00	100,0
	Total			52,41		47,47		0,13	100,0

Anexo 2. Frecuencia de ocurrencia de la asociación de tipo mutualista

Subfamilia/ especie	Sol	Sombra	Total general
Dolichoderinae	22,47	5,21	27,67
<i>Linepithema iniquum</i>	0,00	1,10	1,10
<i>Alecanochiton marquesi</i>	0,00	0,55	0,55
<i>Saissetia neglecta</i>	0,00	0,55	0,55
<i>Linepithema neotropicum</i>	19,45	4,11	23,56
<i>Akermes sp</i>	1,10	0,82	1,92
<i>Alecanochiton marquesi</i>	9,59	1,10	10,68
<i>Coccus viridis</i>	0,82	0,00	0,82
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	5,48	1,64	7,12
<i>Parasaissetia nigra</i>	0,27	0,00	0,27
<i>Saissetia neglecta</i>	2,19	0,00	2,19
<i>Saissetia sp4</i>	0,00	0,55	0,55
<i>Linepithema piliferum</i>	3,01	0,00	3,01
<i>Alecanochiton marquesi</i>	2,19	0,00	2,19
<i>Coccus viridis</i>	0,27	0,00	0,27
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	0,55	0,00	0,55
Formicinae	1,64	0,82	2,47
<i>Brachymyrmex heeri</i>	1,64	0,82	2,47
<i>Akermes sp</i>	0,00	0,27	0,27
<i>Alecanochiton marquesi</i>	0,82	0,27	1,10
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	0,82	0,00	0,82

<i>Saissetia neglecta</i>	0,00	0,27	0,27
Myrmicinae	31,78	38,08	69,86
<i>Crematogaster</i> sp1	0,00	1,92	1,92
<i>Akermes</i> sp	0,00	1,92	1,92
<i>Pheidole fallax</i>	0,27	0,00	0,27
<i>Akermes</i> sp	0,27	0,00	0,27
<i>Pheidole rodozkowskii</i>	6,85	13,97	20,82
<i>Akermes</i> sp	0,27	1,92	2,19
<i>Alecanochiton marquesi</i>	3,29	5,48	8,77
<i>Coccus viridis</i>	0,55	0,00	0,55
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	2,19	5,21	7,40
<i>Parasaissetia nigra</i>	0,27	0,00	0,27
<i>Saissetia coffeae</i>	0,00	0,55	0,55
<i>Saissetia neglecta</i>	0,00	0,82	0,82
<i>Saissetia</i> sp3	0,27	0,00	0,27
<i>Solenopsis geminata</i>	24,38	15,34	39,73
<i>Akerme</i> sp	3,56	5,48	9,04
<i>Alecanochiton marquesi</i>	9,86	0,55	10,41
<i>Coccus viridis</i>	0,55	0,27	0,82
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	9,32	8,49	17,81
<i>Planococcus Citri-minor</i>	0,82	0,27	1,10
<i>Saissetia neglecta</i>	0,27	0,27	0,55
<i>solenopsis</i> sp.2	0,27	0,00	0,27
<i>Alecanochiton marquesi</i>	0,27	0,00	0,27
<i>Wassmania auropunctata</i>	0,00	6,85	6,85
<i>Akermes</i> sp	0,00	3,01	3,01
<i>Alecanochiton marquesi</i>	0,00	0,82	0,82
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	0,00	2,47	2,47
<i>Saissetia coffeae</i>	0,00	0,27	0,27
<i>Saissetia neglecta</i>	0,00	0,27	0,27
Total general	55,89	44,11	100,00

Anexo 3 Frecuencia de asociación comensalista

Subfamilia/especie	Sol	Sombra	Total general
Dolichoderinae	19,11	2,98	22,08
Aztecas sp1	0,00	0,99	0,99
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	0,00	0,25	0,25
<i>Saissetia neglecta</i>	0,00	0,50	0,50
<i>Saissetia sp3</i>	0,00	0,25	0,25
Dorymyrmex brunneus	0,25	0,00	0,25
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	0,25	0,00	0,25
Linepithema iniquum	0,00	0,25	0,25
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	0,00	0,25	0,25
Linepithema neotropicum	17,37	1,74	19,11
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	13,40	1,49	14,89
<i>Coccus viridis</i>	1,49	0,00	1,49
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	0,74	0,00	0,74
<i>Parasaissetia nigra</i>	0,00	0,25	0,25
<i>Saissetia neglecta</i>	1,49	0,00	1,49
<i>Saissetia sp3</i>	0,25	0,00	0,25
Linepithema piliferum	1,49	0,00	1,49
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	1,49	0,00	1,49
Formicinae	4,22	1,99	6,20
Brachymyrmex heeri	4,22	1,24	5,46
<i>Akermes sp</i>	0,25	0,00	0,25
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	3,72	0,99	4,71
<i>Coccus viridis</i>	0,25	0,00	0,25
<i>Saissetia neglecta</i>	0,00	0,25	0,25
camponotus sp2	0,00	0,74	0,74
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	0,00	0,74	0,74

Myrmicinae	30,27	41,19	71,46
Crematogaster sp1	0,00	0,50	0,50
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	0,00	0,50	0,50
Crematogaster sp2	0,50	1,24	1,74
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	0,25	0,50	0,74
<i>Ceroplastes</i> sp2	0,00	0,25	0,25
<i>Coccus viridis</i>	0,00	0,25	0,25
<i>Saissetia neglecta</i>	0,25	0,00	0,25
<i>Saissetia</i> sp4	0,00	0,25	0,25
Nesomyrmex asper	0,00	0,50	0,50
<i>Saissetia neglecta</i>	0,00	0,25	0,25
<i>Saissetia</i> sp4	0,00	0,25	0,25
Pheidole fallax	0,99	0,50	1,49
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	0,74	0,25	0,99
<i>Coccus viridis</i>	0,25	0,00	0,25
<i>Saissetia neglecta</i>	0,00	0,25	0,25
Pheidole radoszkowskii	24,81	29,53	54,34
<i>Akermes</i> sp	0,00	0,99	0,99
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	20,84	24,07	44,91
<i>Coccus viridis</i>	0,74	0,00	0,74
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	1,24	1,49	2,73
<i>Parasaissetia nigra</i>	0,25	0,74	0,99
<i>Saissetia neglecta</i>	1,74	1,49	3,23
<i>Saissetia</i> sp4	0,00	0,50	0,50
<i>Selenaspidus</i>			
<i>articulatus</i>	0,00	0,25	0,25
Solenopsis geminata	3,23	1,99	5,21
<i>Akermes</i> sp	0,25	0,00	0,25
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	1,49	0,74	2,23
<i>Coccus viridis</i>	0,25	0,25	0,50
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	0,74	0,74	1,49
<i>Saissetia neglecta</i>	0,25	0,00	0,25
<i>Saissetia</i> sp3	0,00	0,25	0,25
<i>Selenaspidus</i>			
<i>articulatus</i>	0,25	0,00	0,25
solenopsis sp.2	0,74	0,00	0,74
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	0,50	0,00	0,50

<i>Dysmicoccus brevipes</i>	0,25	0,00	0,25
Wassmania			
<i>auropunctata</i>	0,00	6,95	6,95
<i>Akermes</i> sp	0,00	3,23	3,23
<i>Alecanochiton</i>			
<i>marquesi</i>	0,00	1,99	1,99
<i>Coccus viridis</i>	0,00	0,25	0,25
<i>Dysmicoccus brevipes</i>	0,00	0,50	0,50
<i>Saissetia coffeae</i>	0,00	0,25	0,25
<i>Saissetia neglecta</i>	0,00	0,50	0,50
<i>Saissetia</i> sp4	0,00	0,25	0,25
Pseudomyrmecinae	0,25	0,00	0,25
Pseudomyrmex sp1	0,25	0,00	0,25
<i>Coccus viridis</i>	0,25	0,00	0,25
Total general	53,85	46,15	100,00