

**ESTAFILÍNIDOS (Coleoptera: Staphylinidae) EPIGEOS EN SISTEMAS  
CAFETEROS, POPAYÁN, CAUCA**

**Ginna Marcela Melenje Fernandez**



**Universidad del Cauca  
Facultad de ciencias Naturales, Exactas y de la Educación  
Departamento de Biología  
Popayán**

**2018**

**ESTAFILÍNIDOS (Coleoptera: Staphylinidae) EPIGEOS EN SISTEMAS  
CAFETEROS, POPAYÁN, CAUCA**

**Ginna Marcela Melenje Fernandez**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Bióloga**

**Directora**

**María Cristina Gallego Roperó, PhD.**



**Universidad del Cauca**

**Facultad de ciencias Naturales, Exactas y de la Educación**

**Departamento de Biología**

**Popayán**

**2018**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

Directora María Cristina Gallego Roperó

---

Jurado M.Sc. Clara Milena Concha Lozada

---

Jurado PhD. Rocío García

Popayán, Noviembre 01 de 2018

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. JUSTIFICACIÓN .....	3
3. OBJETIVOS.....	5
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
4. MARCO TEÓRICO .....	6
4.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAFETERA .....	6
4.2 IMPORTANCIA DE LA FAUNA DEL SUELO.....	7
4.3 FAMILIA STAPHYLINIDAE .....	9
5. ANTECEDENTES.....	11
6. METODOLOGÍA .....	15
6.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	15
6.2 DESCRIPCIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LOS CAFETALES.....	15
6.3 MÉTODOS DE MUESTREO .....	16
6.4 ANÁLISIS DE DATOS.....	17
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19

7.1 DESCRIPCIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LOS SISTEMAS CAFETEROS Y FRAGMENTOS DE BOSQUE.....	19
7.2 COMUNIDAD DE ESTAFILÍNIDOS.....	22
7.3 RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESTAFILÍNIDOS POR COBERTURA VEGETAL.....	25
7.4 INDICES DE DIVERSIDAD, EQUITABILIDAD, DOMINANCIA, ESTIMADORES DE RIQUEZA, CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES..	29
7.5 EFICIENCIA DE LOS MÉTODOS DE MUESTREO.....	33
7.6 ESPECIES COMPARTIDAS Y ANÁLISIS DE SIMILITUD.....	34
8. CONCLUSIONES .....	37
9. RECOMENDACIONES .....	38
10. BIBLIOGRAFIA .....	39
11. ANEXOS.....	48
Anexo 1.....	48

## LISTA DE TABLAS

**Tabla 1.** Listado de especies vegetales asociadas a cafetales.

**Tabla 2.** Familias vegetales asociadas a los fragmentos de bosque.

**Tabla 3.** Riqueza de especies por subfamilia colectados en las áreas de estudio.

**Tabla 4.** Valores calculados de índices de diversidad, dominancia, equitabilidad y estimador de riqueza.

**Tabla 5.** Perfil de diversidad Alfa

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** . Mapa del área de estudio, ubicación Corregimiento la Rejoya.

**Figura 2.** Métodos de muestreo

**Figura 3.** Riqueza y abundancia de estafilínidos por subfamilia en los sistemas cafeteros

**Figura 4.** Riqueza y abundancia de estafilínidos por cobertura

**Figura 5.** Curva de acumulación de especies de los estafilínidos colectados en las distintas coberturas

**Figura 6.** Perfil de diversidad Alfa

**Figura 7.** Riqueza de individuos de capturados por método de colecta en cada cobertura

**Figura 8.** Número de especies comunes entre las unidades de muestreo.

**Figura 9.** Análisis de agrupamiento de las coberturas a partir del coeficiente de similitud de Jaccard para los datos de presencia-ausencia.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la vida por haberme permitido disfrutar, aunque por pocos años, del amor de la persona más especial del universo, quien, a pesar de no estar presente físicamente, seguirá siendo la más grande inspiración para todos mis proyectos. A mi padre por su amor, comprensión y apoyo constante, a mi hermano por su amor y colaboración, al resto de mi familia por su amor.

A mi hermana adoptiva María del Mar Tejeda y a su familia por su generosidad, amistad y amor, a Juan Camilo Burgos por estar siempre presente, y a mis bioloquillos por ser los amigos más sinceros y ser la segunda familia más bella que pude escoger.

Agradezco especialmente a la profesora María Cristina Gallego Roperó por su paciencia y apoyo constante en la realización de este trabajo, también por su amistad. A los chicos de la “Fundación MacrisGaro” por su colaboración constante, al semillero de investigación de diversidad funcional y servicios ecosistémicos.

A Deiby Malfitano, Lina Sánchez y Andrés Felipe Liévano por su amistad y la colaboración para el desarrollo de este trabajo.

A la profesora Inge Armbrrecht y demás participantes en el proyecto Broca-Atta por permitirme desarrollar este trabajo.

## RESUMEN

Se realizó el estudio de la comunidad de estafilínidos epigeos asociados a cultivos de café para lo cual fueron muestreados tres cafetales con sombra, tres sin sombra y dos fragmentos de bosque, ubicados en la vereda Villanueva en Popayán, Cauca. En cada finca fue delimitado un transecto con 12 puntos de muestreo y en cada punto se procesó 1 m<sup>2</sup> de hojarasca en sacos mini-Winkler, y se instalaron trampas Pitfall. Se capturaron 438 estafilinidos de 100 especies. Los cafetales con sombra mostraron mayor riqueza que los fragmentos de bosque y los cafetales sin sombra; se reportó a la subfamilia Aleocharinae con el mayor número de especies. Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener, el índice de complementariedad de Pielou, el perfil de diversidad y se evaluó la eficiencia de muestreo usando el estimador no paramétrico Jack 1. La similitud fue baja entre las tres unidades de muestreo (cafetal con sombra, cafetal sin sombra y bosque), con valor cercano al 20% entre los cafetales con sombra y los fragmentos de bosque, y de un 10% entre ellos y los cafetales sin sombra. La riqueza fue mayor en los cafetales con sombra y los dos fragmentos de bosque, los cafetales sin sombra presentaron alta abundancia. Se encontró diferencias significativas entre los datos de abundancia y riqueza al comparar las coberturas, pero no al comparar las unidades de cada sistema. El método de muestreo con sacos mini-Winkler tuvo mayor eficiencia en los cafetales de sombra y fragmentos de bosque, mientras que las trampas pitfall fueron más eficientes en los cafetales sin sombra.

**Palabras clave:** Staphylinidae, hojarasca, suelo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Aproximadamente el 90% de la superficie terrestre, fuera de las reservas, es usada o manejada por el hombre. En los trópicos, cerca 70% de la tierra se usa en la implementación de sistemas silvopastoriles, agrícolas y/o la ampliación de la frontera pecuaria. La literatura relacionada con biodiversidad en paisajes agrícolas tropicales evidencia que muchas de estas áreas presentan altos niveles de diversidad, sea planeada y/o asociada (Western y Pearl 1990; McNeely y Scherr, 2003; Perfecto y Vandermeer, 2008).

En Colombia, el café representa uno de los principales sectores agrícolas de exportación; se conoce que el país cuenta con aproximadamente 931.000 hectáreas cultivadas y 550.000 familias dedicadas a la caficultura (El espectador, 2017). Debido a la alta demanda que tiene el café, las áreas de cultivo se han extendido, y han intensificado su producción, lo cual ha generado alteración en la dinámica ecosistémica, representada por la pérdida de biodiversidad animal y vegetal, pérdida de hábitats y nichos, así como la alteración en la heterogeneidad paisajística.

La expansión cafetera se ha caracterizado por la creación de monocultivos, eliminando principalmente arvenses acompañantes, intercosechas y sombríos afectando factores microclimáticos como la temperatura, humedad, radiación solar, importante para el desarrollo de la biodiversidad al interior de los agroecosistemas (Rivera y Armbrecht, 2005). Sin embargo, el suelo de los sistemas de café alberga gran parte de la diversidad de los ecosistemas naturales. La fauna edáfica aporta a la transformación mineralógica y orgánica de elementos; permitiendo su fertilidad y el ofrecimiento de servicios ambientales como la provisión de alimento (Swift *et al.*, 2012).

Se estima que el suelo alberga más de 900.000 especies de insectos, siendo esta una porción considerable de la diversidad edáfica; dentro de la clase Insecta uno de los grupos con mayor abundancia y riqueza es el orden Coleoptera. Staphylinidae es una de las familias de este orden con mayor presencia en sistemas dedicados a la agricultura (Swift *et al.*, 2012; Fernandes-Martins *et al.*, 2012) y susceptibles a las prácticas de agricultura intensiva (Krooss y Schaefer, 1998; Sanabria *et al.*, 2008). Se ha encontrado diferencias en la comunidad de estafilínidos ligadas principalmente a las características estructurales de la vegetación (Hofmann y Mason, 2006; Sanabria *et al.*, 2008) y a la composición de la comunidad de plantas (Woodcock *et al.*, 2005; Sanabria *et al.*, 2008). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es evaluar el cambio en la composición de estafilínidos asociados a suelo y hojarasca en sistemas cafeteros con diferente manejo de sombra (monocultivo y policultivo).

## 2. JUSTIFICACIÓN

La biodiversidad del planeta se concentra en un 25% en el suelo, pero es la que menos se conoce. Esta brinda estabilidad al paisaje ayudando al control de plagas, además favorece la producción de plantas y de animales (Barois-Bullard, 2012). En las regiones tropicales el cambio del uso del suelo está relacionado con la intensificación agrícola, importante para el suministro de alimentos (Wall, 2008). Se conoce que las zonas donde se cultiva café entre el sotobosque, tienen alta diversidad y endemismo (Mittermeier *et al.*, 1998; Moguel y Toledo, 1999). Sin embargo, en la agroindustria del café se ha implementado la intensificación para el aumento de la producción, ocasionando la pérdida de diversidad asociada a la estructura original del paisaje (Armbrecht y Perfecto, 2001), debido a la alteración del gradiente de sombra (cobertura vegetal) de los cultivos.

Los agroecosistemas pueden contener estructuras complejas de vegetación de bosque y albergar una biodiversidad significativa (Perfecto y Armbrecht, 2003; Donald, 2004; Gordon *et al.*, 2009), por lo que mantener el sombrero en los sistemas de café puede contribuir a la conservación de la fauna en todos los estratos. La pérdida de cobertura vegetal afecta el mantenimiento y productividad de los cultivos, debido a la disminución de organismos del suelo que favorecen servicios ecosistémicos (Brussard, 1997; Kibblewhite *et al.*, 2008; Swift *et al.*, 1996, 2012). Una de las consecuencias de la falta de sombra en los cultivos es la alteración de variables ambientales (humedad relativa, temperatura) determinantes para el establecimiento de la edafofauna.

Los insectos hacen parte importante de la comunidad del suelo, porque participan en procesos que permiten su formación, siendo los coleópteros una porción considerable con más de 350.000 especies (Swift *et al.*, 2012). Staphylinidae, la familia más grande del orden Coleóptera, es un insecto típico de la edafofauna,

de distribución mundial, de gran importancia ecológica y diversidad ecomorfológica, es hoy en día la familia con cada vez más investigaciones en los campos de la evolución y la ecología (Irmiler *et al.*, 2018). Sin embargo, en Colombia, son pocos los estudios que se han desarrollado en áreas naturales y agroecosistema como el cultivo de café.

El departamento del Cauca cuenta con aproximadamente 95.600 hectáreas sembradas con café (Federación Nacional de Cafeteros), siendo una porción importante de su economía. Algunos estudios destacan a las plantaciones cafeteras bajo sombra por favorecer la biodiversidad; Gallego-Ropero *et al.* (2009), lo observaron en especies de hormigas; Sinisterra *et al.* (2016), encontraron que en plantaciones de café, los árboles de sombrío como el guamo (*Inga* sp.), son importantes para mantener relaciones mutualistas planta-animal, además de contribuir en conservar la diversidad e indirectamente prestar servicios ecosistémicos, favoreciendo la presencia de ciertos grupos de hormigas que son potenciales agentes de control biológico para insectos considerados plaga.

En este contexto, es necesario realizar estudios que muestren el efecto de la intensificación de los cultivos de café sobre los diferentes grupos de insectos asociados al suelo, importantes en la ecología del agroecosistema cafetero. Conociendo la comunidad de estafilínidos epígeos en cultivos de café, se puede contribuir a ratificar el efecto que tiene la presencia o ausencia de la cobertura vegetal sobre este grupo, debido a que no se conoce esta información en el departamento.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Reconocer la comunidad de estafilínidos epigeos asociados a cultivos de café con dos niveles de sombra (monocultivo y policultivo) en la vereda Villanueva, corregimiento La Rejoja, Popayán, Cauca.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Estimar la riqueza y abundancia relativa de estafilínidos asociados a suelo y hojarasca en los dos sistemas de producción de café (monocultivo y policultivo).
2. Evaluar el cambio en la composición de la comunidad de estafilínidos asociados a suelo y hojarasca en los dos sistemas de producción de café (monocultivo y policultivo).

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAFETERA

Los diferentes sistemas de cultivo de café se pueden ordenar constituyendo un gradiente de intensificación, sustituyendo el sistema de sombra por un modelo que sostiene plantaciones de café con ninguna o muy poca sombra (Perfecto *et al.*, 1996). Los modelos principales de sistemas de producción de café se diferencian por el nivel de manejo, la complejidad estructural y de vegetación; es así como se diferencian 5 sistemas siguiendo lo analizado por Moguel y Toledo (1999).

**Sistema rústico:** en el que las plantas de café sustituyen a las plantas del estrato más bajo, manteniendo los árboles del bosque nativo.

**Sistema de policultivo tradicional:** se da una manipulación avanzada del sistema de bosque nativo, eliminando solo algunas especies de árboles. Requiere un manejo más sofisticado, debido a que en este sistema se mezclan las plantas nativas con las especies que proveen de alimentos y/o medicinas a la población local.

**Sistemas de policultivo:** Se remueven totalmente el dosel del bosque nativo, siendo reemplazados por especies que dan sombra, y un servicio económico. Por ejemplo, se siembran diferentes especies de leguminosas (*Inga* sp.) que dan sombra y aportan Nitrógeno al suelo; además se combinan con cultivos de plátano y cítricos que proveen alimento.

**Sistemas de monocultivo con sombra:** se elimina mayor cantidad de árboles, pero se tiene una sombra especializada, es decir especies de árboles que generen un beneficio económico. Se hace obligatorio el uso de agroquímicos.

**Sistema de monocultivo sin sombra:** Sin cobertura arbórea, directamente expuesto al sol, convirtiéndose en un cultivo especializado, en el que se necesitan



altos aportes de pesticidas y fertilizantes además del uso de maquinaria y un trabajo intenso a través del ciclo de producción.

La expansión de la frontera agrícola ha causado cambios en la vegetación nativa y por consiguiente en la fauna que ocupa ese hábitat. El sistema de cafetales es quizá uno de los casos más ilustrativos de cómo la intensificación de la agricultura afecta negativamente a la biodiversidad (Armbrecht y Perfecto, 2001). Al disminuir la sombra de árboles se reduce la complejidad estructural del cultivo, cambia el microclima de los cafetales y nichos ecológicos para aves, mamíferos, artrópodos, anfibios (Gallina *et al.*, 1996; Moguel y Toledo, 1999).

#### **4.2 IMPORTANCIA DE LA FAUNA DEL SUELO**

El suelo es el hábitat que sostiene una gran parte de la diversidad asociada a sistemas de producción como el cafetero, su riqueza se estima en 1.5 millones de especies de eucariontes y más de 10.000 millones de organismos procariontes (Swift *et al.*, 2012). La biota del suelo contribuye a los procesos edáficos en los ecosistemas. A pesar de que estos servicios son importantes, es difícil su cuantificación. Sin embargo, se estiman en miles de millones de euros anuales, siendo trascendental conocer y aprender a manejar la biodiversidad edáfica, para conservar o restaurar la fertilidad del suelo (Barois-Bullard, 2012).

Pese a que no existe una definición precisa de grupos funcionales, ni de cuantos organismos, el concepto puede modificarse en función del propósito analítico necesario; Swift *et al* (2012) proponen los siguientes diez grupos edáficos funcionales: productores primarios herbívoros, ingenieros del ecosistema, transformadores de hojarasca, descomponedores, depredadores, microrreguladores, microsimbiontes, plagas y enfermedades del suelo y transformadores procariontes. Estos grupos influyen en la calidad y salud del

suelo debido a su participación en procesos que contribuyen a cuatro funciones agregadas del ecosistema

**Descomposición de materia orgánica:** esta función es desarrollada por los transformadores de hojarasca, se da por la actividad enzimática de bacterias y hongos. La macrofauna como ácaros, milpies, lombrices de tierra y termitas trituran residuos de plantas y animales, además dispersan propágulos microbianos. Como resultado de la descomposición el carbono orgánico se libera en la atmósfera como dióxido o monóxido de carbono, además de incorporarse en diferentes reservorios de materia orgánica.

**Ciclo de nutrientes:** es una función relacionada estrechamente con la descomposición orgánica. Los microorganismos son medidores de la mayor parte de las transformaciones, sin embargo, el paso que marca la operación del proceso se determina mediante micropredadores (protistas, nemátodos, colémbolos y ácaros) y los animales más grandes mejoran los procesos al proveer nichos para un crecimiento microbiano dentro de sus intestinos o excrementos.

**Bioturbación:** función en la que participan los ingenieros del ecosistema, quienes están físicamente activos formando canales, moviendo partículas de un horizonte a otro. Participan las raíces de plantas, lombrices de tierra, termitas, hormigas, escarabajos y algunos otros de la macrofauna. Este proceso determina la estructura física del suelo y la distribución de la materia orgánica en él. El movimiento de materiales en los diferentes estratos edáficos crea y modifica los microhábitats para organismos más pequeños, determinando así propiedades del suelo como la aireación, drenaje, estabilidad de agregados y capacidad de retención de agua. La bioturbación juega un papel importante en el equilibrio del agua del suelo e influye en la susceptibilidad a la erosión (Stork y Eggleton, 1992; Jones *et al.*, 1994; Lavelle *et al.*, 1997; Swift *et al.*, 2012).

**Control de plagas y enfermedades:** en ecosistemas naturales, brotes intensivos de plagas en el suelo y enfermedades son relativamente raros, pero tales epidemias son comunes en la agricultura. En suelos saludables plagas y

patógenos son regulados por interacciones por otros miembros de la biota del suelo como los microbívoros que se alimentan de plagas microbianas. También se encuentran los micropredadores que se alimentan de animales, además de una amplia variedad de interacciones antagónicas microbianas. En los agroecosistemas, estas interacciones pueden encontrarse disminuidas debido a una diversidad biológica reducida y/o cambios ambientales del suelo.

Los coleópteros son un grupo numeroso, bien representado y su presencia en los agroecosistema es bien repartido en todos los niveles tróficos (Thomas y Wratten, 1988; Primavesi, 1982; Gassen, 1993; Marasas *et al.*, 1997) ; son responsables de la formación de galerías que favorecen la estructura del suelo aumentando la aireación, infiltración de agua y penetración de las raíces, además intervienen en la descomposición, degradación de la materia orgánica y en el reciclado de nutrientes en el suelo (Marasas *et al.*, 1997), por lo que pueden encontrarse en varias categorías como el ser ingenieros de los ecosistemas y transformadores de hojarasca, entre otras (Swift *et al.*, 2012).

#### **4.3 FAMILIA STAPHYLINIDAE**

Es una de las familias pertenecientes a la superfamilia Staphylinoidea, más grandes del orden Coleoptera, con más de 63.657 especies conocidas a nivel mundial. Los individuos tienen élitros cortos, cuerpos flexibles que les permiten colonizar una enorme variedad de microhábitats. Un gran número de especies de estafilínidos alargados y de cuerpos flexibles son encontradas en la superficie del suelo. Sin embargo, algunas especies con ojos, patas y antenas reducidas muestran alta afinidad por los estratos más profundos. Contrario a la mayoría de las familias de coleópteros, los estafilínidos viven junto a gran variedad de mamíferos, aves e insectos sociales; haciendo de Staphylinidae una de las familias más heterogéneas en morfología y ecología (Betz *et al.*, 2018).

Los estafilínidos se encuentran en una gran variedad de ambientes, especialmente en aquellos con un alto grado de humedad, cerca de la mitad de las especies habitan en la hojarasca, son uno de los grupos más comunes e importantes en la ecología de la fauna del suelo (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002). Su importancia funcional está dada por su abundancia relativa y biomasa, son considerados ingenieros del ecosistema, además son trituradores y transformadores de hojarasca y macropredadores. Su amplio requerimiento de hábitat y su distribución en prácticamente todos los hábitats (seminaturales y artificiales) los hace candidatos para ser potenciales bioindicadores (Bohac, 1999). Los miembros de la familia son parte substancial de los artrópodos polípagos predadores de la fauna de tierras cultivables (Potts y Vickerman, 1974; Krooss y Schaefer, 1998). Las especies de estafilínidos probablemente se benefician del uso reducido de pesticidas, además del control mecánico de herbáceas en lugar de la aplicación de herbicidas debido a que favorece el microclima en la superficie del suelo (Krooss y Schaefer, 1998).

## 5. ANTECEDENTES

Los estudios sobre el impacto de los sistemas de producción en la comunidad de insectos asociados, permite conocer el efecto que tiene la intensificación de la actividad agrícola en parte del ecosistema. La expansión de la frontera agrícola es la causa más importante de la pérdida de especies biológicas (Swift *et al.*, 1996; Gallego-Ropero y Armbrecht, 2005). En el caso de los estafilínidos, en el país no se conoce el efecto de la intensificación de los sistemas de café sobre su comunidad, sin embargo, existen estudios en el país que han abordado el tema del efecto que tienen los diferentes tipos de sistema de café en las comunidades de otros grupos de insectos.

Rivera y Armbrecht (2005) evaluaron el impacto que tiene el cambio del manejo de cafetales tradicionales y la eliminación de la sombra arbórea sobre el comportamiento ecológico de tres gremios de hormigas en sistemas de cafetal orgánico con sombra poligenérica, cafetal con sombra monogenérica, un cafetal sin sombra además tres fragmentos de bosque usados como control. Se obtuvo que la abundancia fue mayor en la hojarasca que en los cafetos; la riqueza y la acumulación de mimercofauna fueron mayores en los cafetales poligenéricos, teniendo que la riqueza de hormigas decrece con la intensidad de tratamientos y la disminución de la sombra debido a que cafetales de sombra representan una matriz de alta calidad para contribuir a preservar las especies de bosques o de vegetación natural.

Se conocen también experimentos como el realizado por Gallego-Ropero y Armbrecht (2005) en el que se evaluó el efecto que las hormigas tienen sobre la broca del café *Hypotenemus hampei*, y su relación con el tipo de manejo agrícola. Observaron el favorecimiento de la actividad predadora de las hormigas, en cultivos bajo sombra con menor uso de agroquímicos. Además de una reducción

de los niveles de infestación de la broca, debido a que los cafetales con sombra ofrecen gran cantidad de microhábitats que favorecen el desarrollo de todo su potencial biológico. Por otro lado, en los cafetales sin sombra disminuyó la riqueza de hormigas debido a la baja oferta de recursos de alimentación y nidificación. Sugieren que las hormigas desempeñan un papel importante como reguladoras silenciosas de la broca del café.

Por otro lado, en Latinoamérica se han realizado investigaciones en las que se destaca a varios grupos de fauna asociados a sistemas de producción cafetera. En México, el libro “Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación”, contiene información sobre la estructura y funcionamiento (servicios ambientales) de los agroecosistemas de café. El capítulo “Escarabajos (Insecta: Coleoptera)” presenta resultados del estudio realizado por Deloya y Ordoñez (2008), sobre la diversidad y estacionalidad de la coleopterofauna del suelo. Tomaron muestras de sotobosque y dosel, de un fragmento de bosque mesófilo de montaña, cuatro cafetales con sombra y un cafetal sin sombra. Los resultados registraron la mayor riqueza familiar y riqueza específica en el suelo, siendo la familia Staphylinidae la más diversa.

Los estafilínidos se han considerado como una de las familias con mayor número de especies dentro del orden Coleoptera, y uno de los grupos más comunes y ecológicamente importantes dentro de la fauna asociada al suelo (Vásquez-Vélez, Bermúdez, Chacón, y Lozano-Zambrano, 2010). Autores como Fernandes *et al.* (2012), analizaron la diversidad y abundancia en la comunidad de estafilínidos y carábidos adultos. Estudiaron un fragmento de bosque y su borde. Además de cultivos de labranza convencional y no convencional de soya y maíz en dos localidades del municipio de Guaíra, estado de Sao Paulo, Brasil. Los autores, encontraron alta diversidad de las dos familias en las zonas sin labranza convencional. Según la distribución de las dos familias de coleópteros en los tres

hábitats, los autores registraron el potencial para moverse dentro y fuera del cultivo.

En Colombia se han desarrollado investigaciones del grupo de los estafilínidos en las que se analizó su composición, relación entre la riqueza específica y variables ambientales. Un ejemplo de lo anterior es el trabajo realizado por García et al. (2001), quienes estudiaron remanentes de bosque seco en el Valle geográfico del río Cauca. El número de individuos capturados fue de 237, de 8 subfamilias y 35 géneros. Identificaron el 100% hasta subfamilia, 70% hasta género y el 8% hasta especie. Encontrando que el principal parámetro físico que influye en la riqueza de estafilínidos es la humedad, observando además que pueden asociarse a nidos de hormigas.

Méndez *et al.* (2009) caracterizaron la composición de estafilínidos en dos localidades en el departamento del Quindío, bosque intervenido en la ciudad de Armenia (1450 msnm) y Cañón del río Barbas (1869 msnm), municipio de Finlandia. Compararon la diversidad de estafilínidos y evaluaron la eficacia de los métodos de colecta (necrotampa y cernido de hojarasca), sin encontrar diferencias estadísticamente significativas en la riqueza y la abundancia entre los dos sitios. Al evaluar la eficacia de los métodos de colecta se obtuvo un esfuerzo de muestreo mayor para las necrotampas que para la hojarasca.

Además de los estudios sobre composición y riqueza específica en ecosistemas naturales e intervenidos, se encuentran investigaciones en las que se reportan observaciones sobre la variación altitudinal. Gutiérrez-Chacón y Ulloa-Chacón (2006), muestrearon a lo largo de un gradiente altitudinal en tres localidades de la cordillera oriental en los Andes colombianos. A través de las diferentes altitudes en los tres lugares de muestreo, se encontró que la composición de estafilínidos tuvo una tendencia al reemplazamiento de especies. Sumado a lo anterior, las

autoras obtuvieron un inventario de especies de estafilínidos asociados a la hojarasca.

Sissa-Dueñas y Navarrete-Heredia (2016) determinaron la composición y la estructura de los estafilínidos en dos localidades, ubicadas en la reserva privada de la empresa Aes Chicor del municipio de Santa María en el departamento de Boyacá. Las localidades escogidas presentaron diferencias de conservación, además se muestreó en un gradiente altitudinal en cada una. La zona con mayor cobertura vegetal (mejor estado de conservación) registró mayor riqueza y presentó diferencia significativa en términos de abundancia entre ellas. Se obtuvo una baja similitud entre localidades y altas tasas de recambio con gran variación de estafilínidos a través del gradiente altitudinal.

Por otro lado, se tiene para el país un estudio extenso, en el que Gutiérrez-Chacón *et al* (2009) tomaron datos de muestreos de estafilínidos registrados entre los años 1984 y 2006. Los autores evaluaron la distribución espacial de Staphylinidae en paisajes naturales ribereños de acuerdo a sus preferencias de microhábitat, altitud y calidad de agua en la región Andina. Observaron que, al discriminar por géneros y subfamilias, varían considerablemente las preferencias de hábitat entre los elementos del paisaje, siendo el microhábitat determinante para la distribución de estafilínidos.

En cuanto a la información de estafilínidos relacionados con sistemas productivos, Sanabria *et al* (2008) determinaron su composición y diversidad en cinco sistemas en la zona andina: pasturas sin árboles, silvopastoril, pastura con árboles, guadual y bosque natural. Los autores tomaron muestras basándose en el uso del suelo en fincas ganaderas, relacionaron además la biodiversidad con el grado de recuperación del componente arbóreo. Los resultados demostraron que, en los sistemas ganaderos, la pastura con árboles es la más favorable para la conservación de la fauna de estafilínidos.



## **6. METODOLOGÍA**

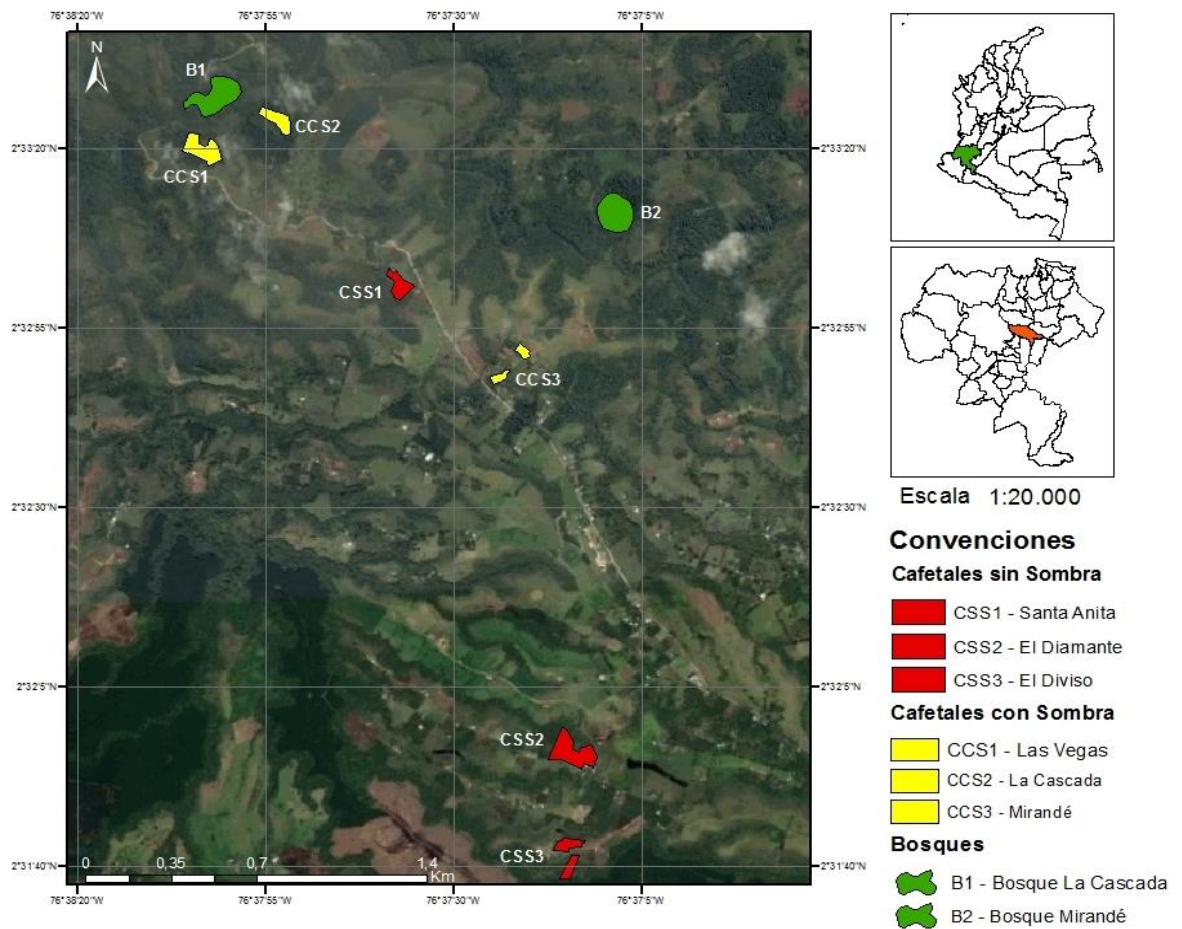
### **6.1 ÁREA DE ESTUDIO**

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Popayán, corregimiento La Rejoja, vereda Villa Nueva (2°31'41.7"N; 76°37'14.4"W), ubicada en el flanco oriental de la cordillera Occidental (Figura 1). De acuerdo con la clasificación de Holdridge (1978) pertenece a Bosque Húmedo Premontano (bh-PM).

En la zona de estudio se encuentran fincas cafeteras con diferente manejo de sombra, algunas presentan sombra arbórea utilizando árboles como plátano, yuca, frutales, entre otros, y otras han eliminado completamente la sombra. Para efectos del estudio, se seleccionaron seis fincas cafeteras con manejo de la sombra en dos niveles: tres cafetales con sombra (CCS): La Vegas, La Cascada y Mirandé, y tres cafetales sin sombra (CSS): Santa Anita, El Diamante y el Diviso. Entre los cafetales se presentaron formas de manejo similares, sin embargo, el cafetal con sombra de la finca Mirandé presentó un manejo orgánico y aledaño un fragmento de bosque natural que lleva 12 años siendo protegido y conservado, este bosque fue uno de los que se evaluaron junto con el bosque del Bosque Las Vegas como control.

### **6.2 DESCRIPCIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LOS CAFETALES**

La información de las especies arbóreas usadas como sombrío y las arvenses presentes en los cafetales, fue tomada de los registros realizados por Gallego-Ropero *et al.* (2016) en el proyecto Polinización, provisión de hábitat y almacenamiento de carbono como servicios ecosistémicos en dos sistemas de producción cafetera en la meseta de Popayán y fue complementada por los agricultores propietarios de las fincas.



**Figura 1.** Mapa del área de estudio, ubicación Corregimiento la Rejoja. Fuente: Imágenes Google Earth.

### 6.3 MÉTODOS DE MUESTREO

En cada una de las fincas y los fragmentos de bosque, se instaló un transecto de 120 metros y en cada transecto se ubicaron 12 estaciones separadas entre sí 10m (Bestelmeyer, 2000). En cada estación se instaló una trampa pitfall con alcohol al 80% (Figura 2a), se marcó y recogió la hojarasca de 1m<sup>2</sup>, que fue pasada por un saco cernidor (Figura 2b) y esta muestra fue filtrada en sacos

miniWinkler (Figura 2c) por 48 horas. Las muestras fueron depositadas en frascos con alcohol al 80%, debidamente etiquetadas y posteriormente llevadas al laboratorio de biología de la Universidad del Cauca para su limpieza, separación, montaje e identificación. Para la identificación fueron utilizadas las claves de Navarrete-Heredia *et al.* (2002). La colección fue depositada en el Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca.



**Figura 2.** Métodos de muestreo **a.** Trampa Pitfall; **b.** Cernidor de hojarasca; **c.** Sacos mini-Winkler.

#### 6.4 ANÁLISIS DE DATOS

Se calcularon los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), equitatividad de Pielou ( $J'$ ), dominancia de Simpson, similitud de Jaccard (Moreno, 2001). Se obtuvo una curva acumulación de especies, computando el estimador de diversidad Jack 1 y el valor de los singletons; también se calcularon los perfiles de diversidad de las

tres coberturas estudiadas. Como los datos no presentaron normalidad, se aplicó una prueba de Kruskal Wallis a los valores de riqueza y abundancia por tipo de cobertura y métodos de colecta, para determinar si hubo diferencias estadísticas. Además, una prueba de Dunn para comparar las medias de los valores de riqueza y abundancia entre las unidades de cada cobertura. Los análisis fueron realizados empleando los softwares de libre acceso Past 3 (Hammer *et al.*, 2001) y Estimates 9.1.0 (Cowell, 2013).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 DESCRIPCIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LOS SISTEMAS CAFETEROS Y FRAGMENTOS DE BOSQUE.

En los cafetales con sombra se registraron 28 especies arbóreas, pertenecientes a 15 familias, siendo la familia Fabaceae la que tuvo mayor número de especies (Tabla 1). La sombra en los cafetales es importante tanto económica como culturalmente para los campesinos y agricultores, ya que las especies pueden ser utilizadas como alimento y producto de valor económico (guineo, cítricos, compost, plantas melíferas), material de construcción y/o leña (Williams-Linera y López-Gómez, 2008). La acumulación de hojarasca y la producción de residuos de raíces aportan nitrógeno al suelo (Aranguren *et al.* , 1982; Mogollón, García-Miragaya *et al.* ,1997; Roskoski, 1982). De las especies más empleadas para sombrero se encuentran las leguminosas, siendo el género *Inga* el más recomendado por los agricultores, ya que pueden sembrarse en cualquier época del año, favorece la bioestructura, la estabilidad, la permeabilidad, la aireación y la porosidad de los suelos. Además controlan el desarrollo de la población de otras plantas por su efecto supresor o alelopático y sirven como perforadoras de capas compactadas actuando como “arado biológico” (Farfán-Valencia, 2016). El plátano *Musa paradisiaca*, al igual que las leguminosas son comúnmente usados como sombrero por su importancia económica.

**Tabla 1.** Listado de especies vegetales asociadas a cafetales.

<b>Especies del estrato arbustivo</b>		
<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	Caspi
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Guanábano
Arecaceae	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Chontaduro
Bignoniaceae	<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Gualanday
	<i>Tabebuia</i> sp. Gomes	Guayacan
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Achiote
Clusiaceae	<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	Madroño
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Higuerilla
Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart	Guamo perrero
	<i>Inga cf. Punctata</i> Willd	Guama
	<i>Inga</i> sp. Mill	Guabo
	<i>Inga codonantha</i> Pittier	Guamo bejuco
	<i>Inga densiflora</i> Benth	Guamo macheto
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate
Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L.	Guineo
Myrtaceae	<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron.	Arrayán
	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayabo
	<i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz & Pav.	Michinche
	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Pomarroso
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Cucharó
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Limón
	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja
Sapotaceae	<i>Quararibea cordata</i> (Bonpl.) Vischer	
Winteraceae	<i>Drimys granadensis</i> L.f.	Canelo
<b>Especies de arvenses</b>		
<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>
Poaceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Hierba de chivo
	<i>Bidens pilosa</i> L.	Papunga
	<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Polák	Lengua de vaca
	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Venadillo
	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Pasto
	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	Emilia
	<i>Heliopsis buphthalmoides</i> (Jacq.) Dunal	Botón de oro
	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Yaraguá
	<i>Brachiaria</i> sp. (Trin) Griseb	Pasto braquiaria
	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf	Pasto
Lythraceae	<i>Cuphea micrantha</i> Kunth	Moradita
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm.f.	Escoba dura
	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Escoba
Polygonaceae	<i>Persicaria nepalensis</i> (L.) Mill	

Así mismo, se observaron 14 especies de arvenses en los sistemas de café, pertenecientes a cuatro familias (Tabla 1), estas plantas cubren el suelo son removidas de manera selectiva para mantener parte de la cobertura natural del suelo con plantas de bajo crecimiento, que posean un sistema radicular poco profundo y poco desarrollado, y evitar la competencia por nutrientes (Moreno-Berrocal, 2005), siendo usadas para prevenir la erosión, conservar la fertilidad natural del suelo y bajar los costos de producción del café (Gómez, 1990; Moreno-Berrocal, 2005). En los cafetales estudiados, se resalta la presencia de la “Hierba de chivo” *Ageratum conyzoides*, una arvense observada abundantemente y cuyas hojas se han reportado como repelente de insectos, además se ha verificado que induce a la formación de anomalías morfológicas de algunas larvas de dípteros como *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* y *Anopheles stephensi*. Este efecto puede deberse a que tiene un alto contenido de terpenos que son la posible razón de sus efectos como insecticida (Ming, 1999).

Los fragmentos de bosque estudiados tienen una sucesión secundaria, en ellos se identificaron 10 familias vegetales comunes (Tabla 2), pero se presentaron diferencias en sus estados de conservación. El fragmento de bosque de Las Vegas presenta una alta intervención antrópica, debido que se presenta extracción de madera y otros recursos, además se presentan varios senderos usados por los habitantes de la zona. El fragmento de bosque Mirandé tiene un proceso de regeneración de diez años, sin embargo, ocasionalmente se registra el paso de grupos de cazadores.

**Tabla 2.** Familias vegetales asociadas a los fragmentos de bosque.

Familia	Bosque Las Vegas	Bosque Mirandé
Actinidiaceae	x	x
Clusiaceae	x	x
Euphorbiaceae	x	x
Fabaceae		X
Fagaceae	x	X
Lauraceae	x	X
Lauraceae	x	X
Melastomataceae	x	X
Moraceae	x	
Myrtaceae	x	X
Piperaceae	x	X
Urticaceae	x	X

## 7.2 COMUNIDAD DE ESTAFILÍNIDOS

Se capturaron 438 individuos agrupados en 11 subfamilias y 100 especies. La subfamilia Aleocharinae presentó la mayor riqueza con 31 morfoespecies, seguida de la subfamilia Staphylininae con 20 especies. Las subfamilias que presentaron menor riqueza fueron Ommalinae y Pseudopsinae, cada una con dos especies y la Subfamilia Micropeplinae con una especie. Las subfamilias con mayor abundancia fueron Aleocharine y Osoriinae, y las de menor abundancia fueron Pseudopsinae y Micropeplinae (Figura 3).

De forma general, cada subfamilia estuvo representada proporcionalmente a su tamaño, la subfamilia Aleocharinae cuenta con aproximadamente 12.851 especies a nivel mundial, seguida de Pselaphinae con 9.110 especies y Staphylininae con 6.876 especies aproximadamente (Newton *et al.*, 2001; Asenjo

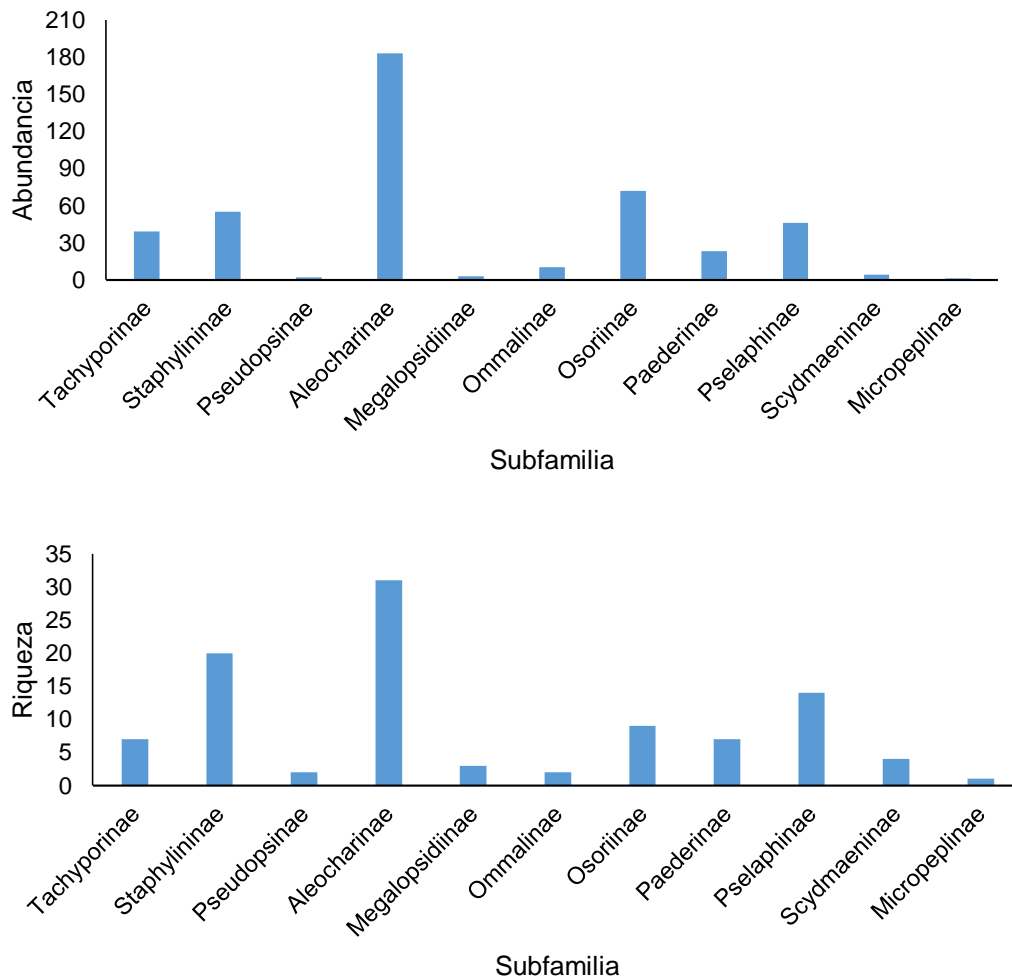


*et al.*, 2013; Sissa-Dueñas y Navarrete-Heredia, 2016). En los datos colectados, la subfamilia Aleocharinae tuvo el 41% de la abundancia y el 31% de la riqueza total, este resultado se relaciona con el hábito predador-generalista de la subfamilia, son abundantes en la hojarasca y suelo (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002). La subfamilia Osoriinae registró el 16% de la abundancia y el 9% de la riqueza total. Los osoriinos son comúnmente encontrados en troncos en descomposición, corteza de árboles, hojarasca y suelo, tanto larvas como adultos son considerados saprófagos, además muchas de las especies de esta subfamilia son exclusivas de los trópicos (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002).

La subfamilia Staphylininae presentó el 12% de la abundancia y el 20% de la riqueza, sus miembros son considerados generalistas dominantes en la fauna del suelo (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002). La subfamilia Pselaphinae, una de las más diversas en los trópicos, presentó 14% de la riqueza total, tiene un estilo de vida predador (Schoman *et al.*, 2008) y son considerados indicadores de calidad de hábitats (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002). Es relevante destacar que las especies colectadas se concentraron en los fragmentos de bosque, seguidos de los cafetales con sombra; tal resultado se puede presentar dado que en estas coberturas se encuentra gran cantidad de ramas, troncos en descomposición y hojarasca a diferencia de los sistemas de cafetal sin sombra. Estos resultados son similares a los reportados por Sanabria *et al.* (2008), en cinco sistemas productivos de los Andes colombianos (Pastura sin árboles, silvopastoril, pastura con árboles, gradual y bosque natural), donde se registró a la subfamilia Aleocharinae con mayor riqueza de especies y a la subfamilia Staphylininae en segundo lugar con un total de 45 especies.

Así mismo, Sissa-Dueñas y Navarrete-Heredia (2016) en un estudio realizado en bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo premontano, en el departamento de Boyacá, reportaron a la subfamilia Aleocharinae como la más abundante con el 58% y la más rica con el 32% de las especies, seguida de las

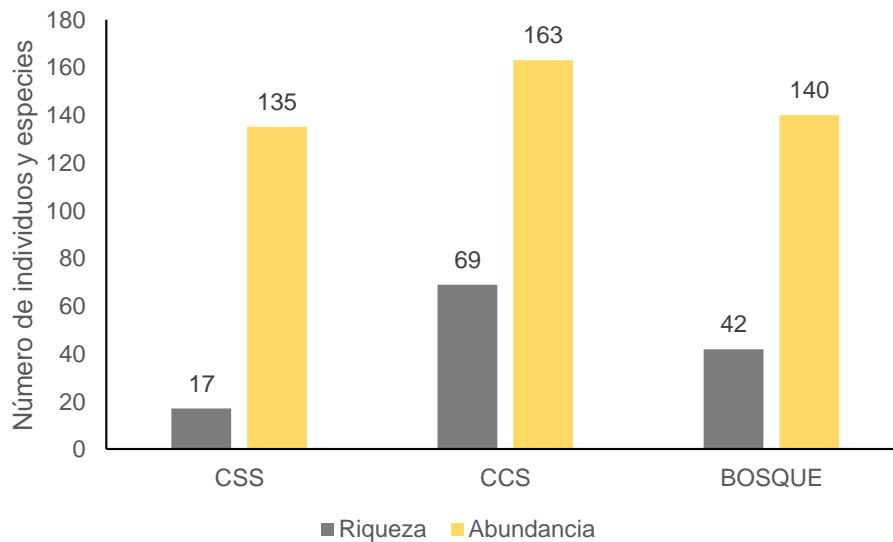
subfamilias Staphylininae y Pselaphinae que tuvieron el 17% y el 16%, respectivamente. Gutiérrez-Chacón y Ulloa-Chacón (2006) en el trabajo realizado para tres coberturas en la cordillera Occidental, reportaron 11 subfamilias y 293 especies, en donde las subfamilias Aleocharinae y Pselaphinae fueron las más abundantes.



**Figura 3.** Riqueza y abundancia de estafilínidos por subfamilia en los sistemas cafeteros.

### 7.3 RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESTAFILÍNIDOS POR COBERTURA VEGETAL

De acuerdo a los resultados, en los cafetales con sombra se presentó una mayor riqueza y abundancia de especies, seguido del bosque y finalmente los cafetales sin sombra (Figura 4, Tabla 3).



**Figura 4.** Riqueza y abundancia de estafilínidos por cobertura: CSS Cafetal sin sombra; CCS Cafetal con sombra; Bosque.

Una prueba de Kruskal Wallis mostró que existen diferencias significativas entre los datos de abundancia ( $H= 39.01$ ;  $p=2.82E-15$ ). Sin embargo, la prueba post-hoc Dunn mostró que entre los cafetales sin sombra no hay diferencias significativas ( $p=0.084$ ;  $p=0.176$ ), y en el caso de los cafetales con sombra, no se encontraron diferencias significativas entre los cafetales con manejo convencional ( $p=0.8199$ ), pero si se encontró diferencia significativa en el cafetal

de manejo orgánico de la finca Mirandé ( $p= 2.97E-06$ ;  $p=9.56E-07$ ), y entre bosques ( $p=0.001$ ) (Anexo 1).

Los datos de riqueza presentaron diferencias significativas al aplicar la prueba de Kruskal Wallis ( $H=15,520$ ,  $p=0,001$ ), pero al comparar los valores por cada cobertura, se obtuvo que entre los cafetales sin sombra no hubo diferencias significativas ( $p=0,108$ ;  $p=0,211$ ;  $p=0,721$ ). En el caso de los cafetales con sombra, no se presentó diferencias significativas entre los manejados convencionalmente ( $p=0,721$ ), pero si con la finca Mirandé ( $p =0.001$ ;  $p=0.000$ ) (Anexo 1).

La subfamilia Osoriinae presentó 10 especies, solo tres de ellas se reportaron para el cafetal con sombra, siete para los fragmentos de bosque y ninguna en el cafetal sin sombra (Tabla 3). De ellas se conocieron dos hasta género, teniendo a la especie *Aneocamptus* sp.1 con una mayor abundancia en los cafetales con sombra que en los fragmentos de bosque con 40 y 13 individuos, respectivamente. Osoriinae es considerada la subfamilia más “tropical” de todas; sus miembros se consideran saprófagos, alimentándose de materia orgánica en descomposición (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002), por lo que la cobertura vegetal presente en los cafetales con sombra genera unas condiciones microclimáticas (aumenta la humedad, disminuye la temperatura y la radiación solar directa, entre otros) y de hábitat particulares, ofertando mayor variedad y cantidad de recursos (alimento, lugares para nidificación, entre otros), similares a los fragmentos de bosque. Esas condiciones favorecen el establecimiento de diversidad de artrópodos de suelo y hojarasca, en el caso de los estafilínidos se ha reportado que se presenta una mayor riqueza de especies cuando la humedad aumenta (García *et al.*, 2001).

**Tabla 3.** Riqueza de especies por subfamilia colectados en las áreas de estudio: CCS Cafetal con sombra; CSS Cafetal sin sombra.

Subfamilia	Cobertura		
	CSS	CCS	Bosque
	Número de especies		
Aleocharinae	7	22	10
Staphylininae	2	13	10
Pselaphinae	3	9	5
Osoriinae		3	7
Paederinae	3	5	4
Tachyporinae	1	6	4
Scycmaenidae		4	
Megalopsidiinae		3	
Ommalinae	1	2	1
Pseudopsinae		1	1
Micropeplinae		1	
	17	69	42

Por otro lado, las especies de la subfamilia Aleocharinae se encontraron con mayor abundancia en los cafetales sin sombra, pero con una alta riqueza en los cafetales con sombra (Tabla 3); registrando una alta presencia de la especie *Aleochara* sp.1. El 91% de los individuos fueron capturados en los cafetales sin sombra, el 7% en los fragmentos de bosque y el 2% en cafetales con sombra. Los Aleocharinos se encuentran abundantemente entre los depredadores generalistas de las comunidades de la hojarasca y el suelo; sin embargo, muchos tienen hábitos y hábitats altamente especializados, teniendo a varios grupos como huéspedes en nidos de hormigas y termitas (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002), lo cual podría relacionarse con su alta presencia en los cafetales sin sombra, puesto que se observaron nidos de hormigas establecidos en varios de los cultivos. Algunas especies de *Aleochara* de éste género han sido reportadas como predadoras de segundo orden sobre plagas en sistemas manejados (Haynes *et al.*, 1980; Sanabria *et al.*, 2008), además han sido observadas

depredando larvas de dípteros (Klimaszewski, 1984; Maus *et al.*, 1998; Sissa-Dueñas y Navarrete-Heredia, 2016).

La subfamilia Paederinae registró siete especies en total y tuvo una mayor presencia en cafetales con sombra, al representar en esta cobertura el 57% de la riqueza de la subfamilia. Se conoce que algunas especies del género *Paederus* tienen importancia médica para el ser humano debido a que ocasionan una enfermedad conocida como *Dermatitis linearis* (Frank y Kanamitsu, 1987; Sissa-Dueñas y Navarrete-Heredia, 2016).

La subfamilia Tachyporinae, ha sido encontrada en gran variedad de hábitats que incluyen hongos, carroña, excremento, hojarasca, entre otros (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002). De las siete especies registradas, seis fueron en los cafetales con sombra, cuatro en los fragmentos de bosque y una en los cafetales sin sombra. De estas morfoespecies, se identificaron dos hasta género. *Coproporus* sp se reportó en cafetales con sombra y en fragmentos de bosque, pero no se presentó en los cafetales sin sombra. Los miembros de este género se encuentran distribuido en las zonas tropicales, y están asociados a material vegetal en descomposición (Campbell, 1975), lo que es consecuente con la presencia de mayor material vegetal en los sistemas de café con sombra y en los fragmentos de bosque

El segundo género fue *Sepedophilus*, que al igual que *Vatesus* no se presentó en los cafetales sin sombra, pero si en los fragmentos de bosque y cafetales con sombra. Algunas especies de *Sepedophilus* son micófagas estrictas (Newton, 1984; Cline y Leschen, 2005).

#### 7.4 INDICES DE DIVERSIDAD, EQUITABILIDAD, DOMINANCIA, ESTIMADORES DE RIQUEZA, CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

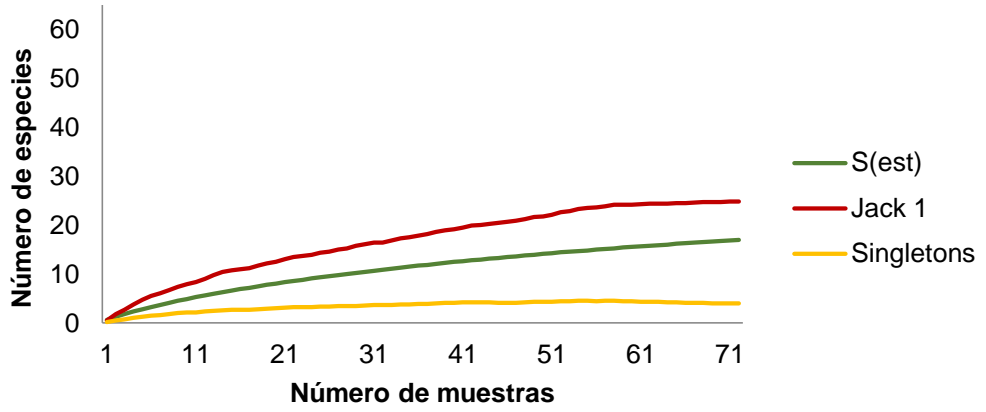
La curva de acumulación de especies calculadas, obtenida a partir de los valores observados y estimados para cada una de las coberturas usando el estimador de riqueza Jack 1, sugieren una eficiencia de muestreo entre el 56 y 68% (Tabla 4), y se espera que al seguir con el muestreo se podrían coleccionar de 25 hasta 122 especies más en las coberturas.

**Tabla 4.** Valores calculados de índices de diversidad, dominancia, equitabilidad, y estimador de riqueza

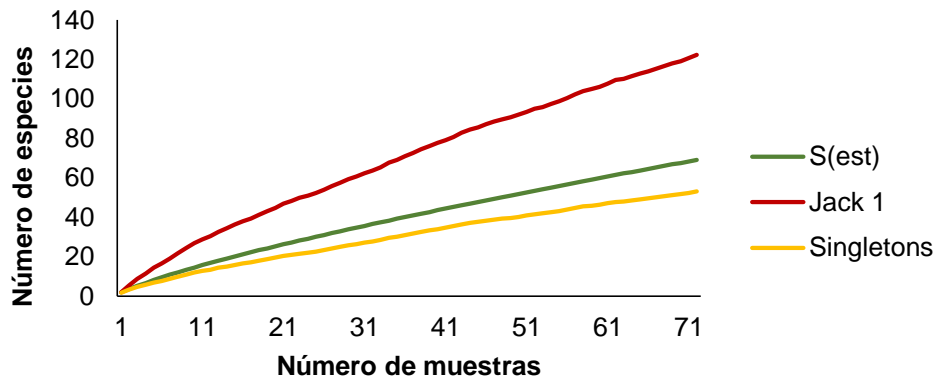
	Cobertura		
	CCS	CSS	BOSQUE
Riqueza	69	17	42
Abundancia	163	135	140
Shannon Wiener	3,43	1,51	3,20
Dominancia	0,08	0,45	0,06
Equitabilidad	0,81	0,53	0,86
Jack 1	122,25	24,89	66,48
Eficiencia de muestreo	56,44	68,3	62,99

El valor de “singletons” para el cafetal con sombra fue de 53 especies de las 69 coleccionadas, mientras en el cafetal sin sombra y el bosque solo tres y cuatro especies, respectivamente (Figura 5). La eficiencia de muestreo fue mayor en los sistemas de café sin sombra. El índice de diversidad Shannon-Wiener presentó mayor valor en los cafetales con sombra y los fragmentos de bosque (Tabla 4), a diferencia del cafetal sin sombra que presentó el menor valor.

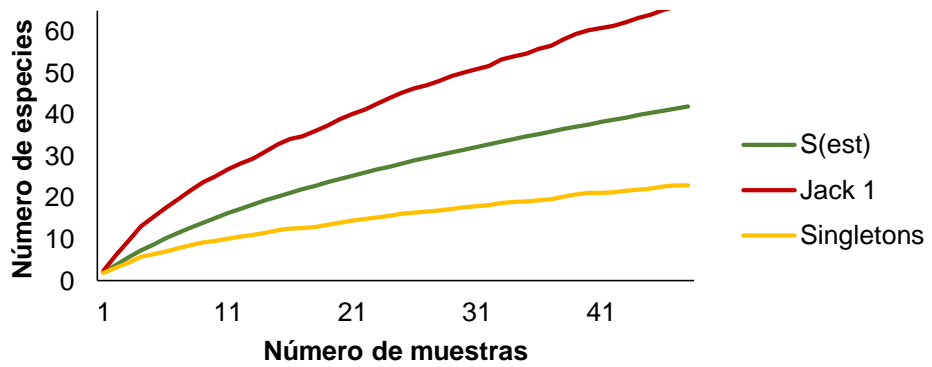
### Cafetales sin sombra



### Cafetales con sombra



### Bosques





**Figura 5.** Curvas de acumulación de especies de los estafilínidos colectados en las distintas coberturas.

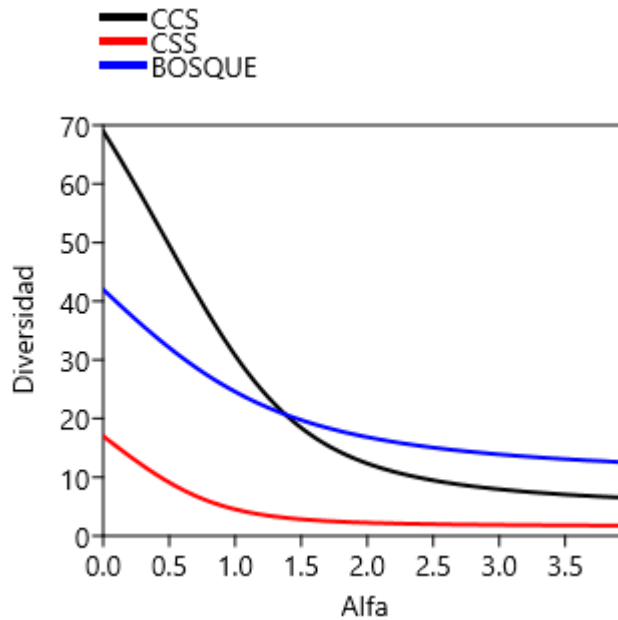
En lo que respecta al índice de equitabilidad (J), el cafetal con sombra y el bosque presentaron una mejor distribución de las abundancias por especie, a diferencia del cafetal sin sombra que presentó un menor índice de equitabilidad, lo que sugiere que algunas especies presentaron una mayor abundancia, valor que se ve reflejado en el índice de dominancia, debido posiblemente a que se registró a la especie *Aleochara* sp.1 con la mayor abundancia.

El perfil de diversidad Alfa mostró una diferencia marcada entre los valores de riqueza observada (Alfa 0) y los valores de especies efectivas (Alfa 1), en términos de estructura y dominancia (Tabla 5; Figura 6). Para el caso de los Cafetales con sombra se presentó una riqueza de especies (Alfa 0) cuatro veces mayor que en los cafetales sin sombra, pero presentó abundancias bajas, por lo cual la diversidad de orden 1 (Alfa1), tuvo un número efectivo de especies que se redujo a la mitad. Al comparar los CCS y los fragmentos de bosque, los sistemas de café fueron 1,6 más ricos; este resultado pudo deberse a que en el Bosque Las Vegas, la comunidad lleva a cabo diferentes actividades como la tala indiscriminada, extracción de epifitas, y se usan múltiples senderos para acortar las distancias entre fincas. Además, en el bosque de Mirandé, a pesar de llevar un proceso de regeneración de más de 10 años, se reporta el paso de cazadores furtivos y de grupos al margen de la ley que causan alteración de la vegetación y la fauna asociada, en especial la del suelo.

**Tabla 5.** Perfil de diversidad Alfa.

Alfa	Cobertura		
	CCS	CSS	Bosque
0	69	17	42
1	30,75	4,53	24,57
2	12,35	2,25	16,84

Para los CSS, se observó que la diversidad de orden 0 (Alfa 0) fue 2,5 veces menor que el del bosque, mientras que la diversidad de orden 1 (Alfa 1) mostró un valor siete veces menor que el de los CCS y cinco veces menor que los fragmentos de bosque, estos resultados se relacionan con la baja heterogeneidad vegetal característica de los monocultivos. En el caso de la diversidad de orden 2 (Alfa 2), para los CCS el número de especies se reduce a menos de la mitad, al ser mayor el número de especies dominantes en bosque con 1.4 veces más riqueza que los CCS y 7,5 más especies que los CSS.

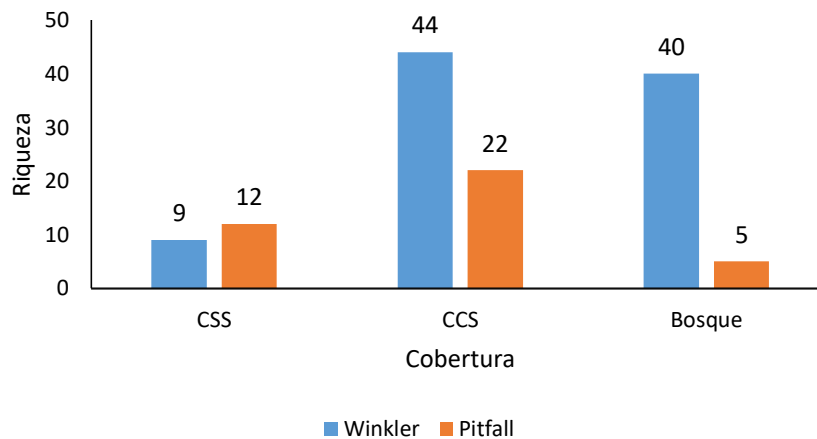


**Figura 6.** Perfil de diversidad Alfa. CCS: Cafetal con sombra CSS: Cafetal sin sombra BOSQUE: Fragmentos de bosque.

## 7.5 EFICIENCIA DE LOS MÉTODOS DE MUESTREO

De acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis, se encontró diferencia significativa entre los dos métodos de colecta empleados ( $H=20,54$ ;  $p=0,001$ ). De las 100 especies colectadas, todas fueron registradas en la hojarasca procesada en los sacos mini-Winkler y 32 especies fueron colectadas con las trampas Pitfall. Respecto a las coberturas, la mayor captura se logró en los cafetales con sombra y fragmentos de bosque con los sacos mini-Winkler, mientras que en los cafetales sin sombra las trampas Pitfall fueron más efectivas (Figura 7). Estos resultados se relacionan con los reportados por García *et al.* (2001), quienes obtuvieron una mayor eficiencia de captura con el cernido de hojarasca que con las trampas de caída, además el 44% de las especies (22 de 50) se capturaron exclusivamente con el método mini-Winkler. Por otro lado, Sissa-Dueñas y Navarrete-Heredia

(2016), registraron mayor eficiencia con las trampas Pitfall, las cuales fueron usadas con diferentes tipos de cebos; sin embargo, registran que la mitad de las especies “singletons” se capturaron con el método de cernido de hojarasca.

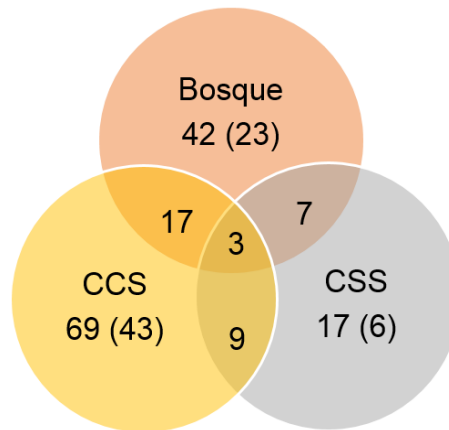


**Figura 7.** Riqueza de individuos de capturados por método de colecta en cada cobertura.

## 7.6 ESPECIES COMPARTIDAS Y ANÁLISIS DE SIMILITUD

Entre cafetales con sombra y los fragmentos de bosque, se compartieron 17 especies, mientras que entre cafetales sin sombra y fragmentos de bosque, solo se compartieron 7 especies (Figura 8), lo cual sugiere que los cafetales con sombra al igual que los fragmentos de bosque, ofrecen mayores recursos para sustentar una alta riqueza de estafilínidos, como por ejemplo una variada oferta floral que sirve de alimento a este grupo o a grupos de invertebrados de los que se alimentan los estafilínidos, además de aportar gran cantidad de hojarasca, ramas y troncos cuya materia orgánica se deposita en el suelo y sirve de hábitat ideal para el establecimiento de los estafilínidos.

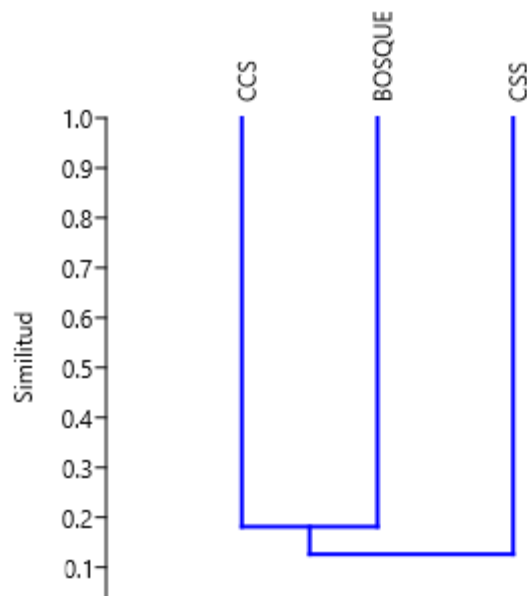
El número de especies compartidas entre todas las coberturas fue 3, el mayor número de especies exclusivas se registró en el cafetal con sombra con 43 y la menor fue el cafetal sin sombra con seis (Figura 8). Estos resultados pueden relacionarse con los reportados por Méndez *et al.* (2012), quienes caracterizaron la comunidad de estafilínidos en cinco elementos del paisaje: pastizal, plantación forestal, plantación forestal en regeneración, bosque secundario y bosque secundario maduro en un paisaje altoandino; donde el 44,26% de las especies fueron exclusivas de las diferentes coberturas evaluadas, teniendo a la plantación forestal con el menor número de especies.



**Figura 8.** Número de especies totales, comunes, y entre paréntesis las especies exclusivas de las coberturas.

En ese sentido, el análisis de similitud usando el índice de Jaccard, agrupa a los cafetales con sombra y los bosques con un valor cercano al 20% y separando a los cafetales sin sombra con un 10% (Figura 9). Lo anterior sustenta el alto valor de especies exclusivas que presentaron las diferentes coberturas (72%). Estos valores son comparables con los resultados reportados por Sanabria *et al.* (2008), quienes determinaron las especies de estafilínidos en cinco sistemas productivos: Pasturas sin árboles, Silvopastoril, Pastura con árboles, Guadual y

Bosque, encontrando valores bajos del índice de Jaccard, por lo que destacaron el carácter exclusivo de la fauna en cada uso de la tierra, obteniendo así valores más bajos en el bosque en comparación con los sistemas ganaderos de manejo intensivo silvopastoril y pastura sin árboles, que cuentan con menor cobertura arbórea.



**Figura 9.** Análisis de agrupamiento de las coberturas a partir del coeficiente de similitud de Jaccard para los datos de presencia-ausencia. Bosque 1: Bosque Las Vegas; Bosque 2: Bosque Mirandé.

## 8. CONCLUSIONES

Los cafetales sin sombra y los fragmentos de bosque albergaron la mayor riqueza y abundancia de estafilínidos en comparación con los cafetales sin sombra, debido posiblemente a una mayor oferta de recursos asociados a la heterogeneidad vegetal.

Los cafetales sin sombra no aportan un gran valor de riqueza, pero albergaron una especie abundante, siendo posible que esta especie sea indicadora de sistemas intervenidos

La intervención antrópica en los fragmentos de bosque pudo influir en que la riqueza de estafilínidos registrada siendo menor que en cafetales con sombrío.

Este es el primer estudio para el departamento del Cauca, por lo tanto, la diversidad encontrada son nuevos registros de este grupo.

## 9. RECOMENDACIONES

Identificar a un nivel taxonómico mayor todos los individuos para tener información más precisa acerca de las diferentes relaciones que puedan tener con el sistema de producción del café, en especial con especie *Aleochara* sp1.

Realizar un muestreo más intensivo en el que se incluyan otros métodos de colecta para mejorar el inventario de Staphylinidae en los sistemas cafeteros estudiados, modificando de igual manera el método con trampa Pitfall, de tal manera que se incluyan cebos para incluir más grupos.



## 10. BIBLIOGRAFIA

- Aranguren, J., Escalante, G., y Herrera, R. (1982). Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees - II. Cacao. *Plant and Soil*, 67(1–3), 259–269.
- Armbrecht, I., & Perfecto, I. (2001). Diversidad de artrópodos en los agroecosistemas cafeteros. *Revista Protección Vegetal*, 12(2), 10–16.
- Asenjo, A., Irmiler, U., J, K., Herman, L. y Chandler, D. S. (2013). A complete checklist with new records and geographical distribution of the rove beetles (Coleoptera, Staphylinidae) of Brazil. *Insecta Mundi*, 1–419.
- Bohac, J. (1999). Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74(1–3), 357–372.
- Brady, S. G., Fisher, B. L., Schultz, T. R., y Ward, P. S. (2014). The rise of army ants and their relatives: diversification of specialized predatory doryline ants. *BMC Evolutionary Biology*, 14(1), 93.
- Brady, S. G., Fisher, B. L., Schultz, T. R., & Ward, P. S. (2014). The rise of army ants and their relatives: diversification of specialized predatory doryline ants. *BMC Evolutionary Biology*, 14(1), 93.
- Brussaard, L. (1997). Biodiversity and Ecosystem Functioning in Soil. *Royal Swedish Academy of Sciences*, 26, 563–570.
- Brussaard, L. (1998). Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology*, 9(1–3), 123–135.

Cline, A. R., y Leschen, R. a. B. (2005). Coleoptera Associated with the Oyster Mushroom, *Pleurotus ostreatus* Fries, in North America. *Southeastern Naturalist*, 4(3), 409–420

Daily, G. C. (1997). Nature's Services (pp. 1–10).

Deloya, C., y Ordoñez-Resendiz, M. . (2008). Escarabajos (Insecta: Coleoptera). En R. H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina, y K. Mehlreter (Eds.), *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz biodiversidad, manejo y conservación* (Instituto de Ecología, pp. 123–134).

Donald, P. F. (2004). Biodiversity Impacts of Some Agricultural Commodity Production Systems. *Conservation Biology*.

Farfán-Valencia, F. (2016). *Sombríos transitorios para el establecimiento del café* (Cenicafé). Manizales.

Fernandes Martins, I. C., Cividanes, F. J., Ide, S., y Queiroz Haddad, G. (2012). Diversity and habitat preferences of Carabidae and Staphylinidae (Coleoptera) in two agroecosystems. *Bragantia*, 71, 471–480.

Frank, J. H., & Kanamitsu, K. (1987). *Paederus*, sensu lato (Coleoptera: Staphylinidae): Natural history and medical importance. *Journal of Medical Entomology*, 2(24), 155–191.

Gallego-Roper, M. C., y Armbrrecht, I. (2005). Depredación por hormigas sobre la broca del café en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. *Rev. Manejo Integr. Plagas*, 76, 1–9.

Gallego-Ropero, M. (2016). *Polinización, provisión de hábitat y almacenamiento de carbono como servicios ecosistémicos en dos sistemas de producción cafetera en la meseta de Popayán.*

Gallina, S., Mandujano, S., y Gonzalez-Romero, A. (1996). Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems*, 33, 13–27.

García, R., Armbrrecht, I., & Ulloa-Chacón, P. (2001). Staphylinidae (Coleoptera): Composicion Y Mirmecofilia En Bosques Secos Relictuales De Colombia. *Folia Entomológica Mexicana*, 40(1), 1–10.

Gassen. (1993). *Coros asociados ao sistema plantio directo.* Passo Fundo.

Gómez, A. (1990). Las malezas nobles previenen la erosión. *Avances Técnicos Cenicafé*, (151), 1–4.

Gordon, C. E., McGill, B., Ibarra-Núñez, G., Greenberg, R., & Perfecto, I. (2009). Simplification of a coffee foliage-dwelling beetle community under low-shade management. *Basic and Applied Ecology*, 10(3), 246–254.

Gutiérrez-Chacón, C., y Ulloa-Chacón, P. (2006). Composición de estafilínidos: (coleoptera: staphylinidae) asociados a hojarasca en la cordillera oriental de colombia. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2), 69–81. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/424/42445201.pdf%5Cnfile:///C:/Users/Lenovo/AppData/Local/Mendeley Ltd./Mendeley Desktop/Downloaded/Gutierrez-Chacón, Ulloa-Chacón - 2006>.

Gutiérrez-Chacon, C., Zúñiga, M. D. C., Van Bodegom, P. M., Chará, J., & Giraldo, L. P. (2009). Rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in

Neotropical riverine landscapes: Characterising their distribution. *Insect Conservation and Diversity*, 2(2), 106–115.

Haynes, D. L., Tummala, R. L., y Ellis, T. L. (1980). Ecosystem Management for Pest Control. *BioScience*, 10(30), 690–696.

Hofmann, T. A., y Mason, C. F. (2006). Importance of management on the distribution and abundance of Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) on coastal grazing marshes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114(2–4), 397–406.

Holdridge, L. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. (Instituto). San José.

Irmeler, U., Klimaszewski, J., y Betz, O. (2018). Introduction to the Biology of Rove beetles. In *Biology of Rove Beetles (Staphylinidae) Life History, Evolution, Ecology and Distribution* (pp. 1–4).

Jones, C. G., Lawton, J. H., y Shachak, M. (1994). Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos*, 69(3), 373.

Kibblewhite, M., Ritz, K y Swift, M. . (2008). Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 363(September 2007), 685–701.

Klimaszewski, J. (1984). A revision of the genus *Aleochara* Gravenhorst of the American north of Mexico (Coleoptera: Staphylinidae, Aleocharinae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, (129), 1–211.

- Krooss, S., y Schaefer, M. (1998). The effect of different farming systems on epigeic arthropods: A five-year study on the rove beetle fauna (Coleoptera: Staphylinidae) of winter wheat. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 69(2), 121–133.
- Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, W., Roger, P., Ineson, P., ... Dhillon, S. (1997). Soil function in a changing world : the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, 33(May 1996), 159–193.
- Marasas, M., Sanrandon, S., y Cicchino, A. (1997). Efecto de la labranza sobre la coleopterofauna edáfica en un cultivo de trigo en la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Ciencia Del Suelo*, 15, 59–63.
- Martins, I. C. F., Cividanes, F. J., Ide, S., y Haddad, G. Q. (2012). Diversity and habitat preferences of Carabidae and Staphylinidae (Coleoptera) in two agroecosystems. *Bragantia*, 71(4), 471–480.
- Maus, C., Mittmann, B., y Peschke, K. (1998). Host Records of Parasitoid A Zeochuru Gravenhorst Species (Coleoptera, Staphylinidae) Attacking Puparia of Cyclorrhapheous Diptera. *Mitt. Mus. Nat.Kd. Berl., Dtsch. Entomol. Z.*, 45(2), 231–254.
- McNeely, J. y Scherr, S . (2003). *Ecoagriculture: Strategies for Feed theWorld and SaveWild Biodiversity* (Island Pre). Washington, DC.
- Mittermeier, R. A., Myers, N., Thomsen, J. B., da Fonseca, G. A. B., & Olivieri, S. (1998). Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities. *Conservation Biology*, 12(3), 516–520.

- Mogollón, J. P., García-Miragaya, J., Sánchez, L. F., Chacón, N., & Araujo, J. (1997). Nitrógeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes árboles de sombra. *Agronomía Tropical*, 1(47), 87–102.
- Moguel, P., y Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T - Manuales y Tesis SEA*, 1, 84.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., y Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1249–1261.
- Moreno-Berrocal, A. M. (2005). Productividad de zocas de café con rotacion de cultivos semestrales, con y sin manejo integrado de arvenses. *Cenicafé*, 3(56).
- Navarrete-Heredia, J., Newton, A., Thayer, M. ., Ashe, J. ., y Chandler, D. . (2002). *Guía ilustrada para los géneros de staphilinidae (coleoptera ) de México*. Guadalajara.
- Newton, A. (1984). Mycophagy in Staphylinoidea (Coleoptera). In *Fungus-Insect Relationships: Perspectives in Ecology and Evolution* (Columbia U, pp. 302–353). New York.
- Newton, A. ., Thayer, M. ., Ashe, J. ., y Chandler, D. . (2001). Staphylinidae Latreille, 1802. In *American beetles, Boca Ratón* (pp. 272–478).

Pavoine, S., Ollier, S., y Pontier, D. (2005). Measuring diversity from dissimilarities with Rao's quadratic entropy: Are any dissimilarities suitable? *Theoretical Population Biology*, 67(4), 231–239.

Perfecto, I., Rice, R., y Greenberg, R. (1996). Shade coffee: a disappearing refuge of biodiversity. *BioScience*, 46(8), 598–608.

Perfecto, I., y Armbrecht, I. (2003). *The Coffee Agroecosystem in the Neotropics Combining Ecological and Economic Goals. Tropical Agroecosystems.*

Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R., y van der Voort, M. E. (1996). Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 46(8), 598–608.

Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R., y van der Voort, M. E. (1996). Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 46(8), 598–608.

Perfecto, I., y Vandermeer, J. (2008). Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences.*

Potts, G. R., y Vickerman, G. P. (1974). Studies on the Cereal Ecosystem. *Advances in Ecological Research*, 8(C), 107–197.

Potts, G. . . , y Vickerman, G. P. (1974). Studies on the Cereal Ecosystem. *Advances in Ecological Research*, 8(C), 107–197.

- Primavesi. (1982). *Manejo ecológico del suelo* (El Ateneo).
- Rivera, L., y Armbrecht, I. (2005). Diversidad de tres gremios de hormigas en cafe tales de so rubra, de sol y bosques de risaralda. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(1), 89–96.
- Roskoski, J. P. (1982). Nitrogen fixation in a Mexican coffee plantation. *Plant and Soil*, 67(1–3), 283–291.
- Sanabria, C., Armbrecht, I., y Gutierrez-Chacón, C. (2008). Diversidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) en cinco sistemas productivos de los Andes Colombianos. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(2), 217–223.
- Schoman, A., Afflerbach, K., y Betz, O. (2008). Predatory behaviour of some Central European pselaphine beetles (Coleoptera: Staphylinidae: Pselaphinae) with descriptions of relevant morphological features of their heads. *European Journal of Entomology*, (105), 889–907.
- Sissa-Dueñas, Y. P., y Navarrete-Heredia, J. L. (2016). Composición y estructura de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) en dos localidades de Santa María (Boyacá, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 42(1), 59–68.
- Slipinski, S. ., Leschen, R., y Lawrence, J. . (2011). Order Coleoptera Linnaeus, 1758. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148, 1–237.
- Stork, N. E., & Eggleton, P. (1992). Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7(1–2), 38.



- Swift, M. J., Vandermeer, J. H., Ramakrishnan, P. S., Anderson, J. E., Ong, C. K., y Hawkins, B. (1996). Biodiversity and agroecosystem function. *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*.
- Swift, M. J., Bignell, D. E., Moreira, F. M. S., y Huising, E. J. (2012). El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general. In F. M. Moreira, E. H. Joroen, & D. E. Bignell (Eds.), *Manual de biología de los suelos tropicales* (Instituto, pp. 29–52). Mexico, DF.
- Thomas, M. ., y Wratten, S. . (1988). Manipulating the arable crop environment to enhance the activity of predatory insects. *Aspects of Applied Biology*.
- Vásquez-Vélez, L. M., Bermúdez, C., Chacón, P., y Lozano-Zambrano, F. H. (2010). Analysis of the richness of Staphylinidae (Coleoptera) on different scales of a sub-Andean rural landscape in Colombia. *Biodiversity and Conservation*, 19(7), 1917–1931.
- Wall, D. H. (2004). *Sustaining biodiversity and ecosystem services in soils and sediments. Sustaining biodiversity and ecosystem services in soils and sediments*.
- Western, D., y Pearl, M. C. (1990). *Conservation for the Twentyfirst Century* (Oxford Uni). Oxford.
- Williams-Linera, G., y López-Gómez, A. (2008). Estructura y diversidad de la vegetación leñosa. In *Agroecosistemas cafeteleros de veracruz diversidad, manejo y conservación* (pp. 55–63). Mexico, DF.

## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Prueba de Dunn Post Hoc para los datos de abundancia y riqueza de las unidades muestreadas

Unidades de muestreo	Prueba Post hoc Dunn para los datos de abundancia							
	Santa Anita	El Diamante	El Diviso	Las Vegas	La Cascada	Mirandé	Bosque La Cascada	Bosque Mirandé
Santa Anita	-----	0.084	0.177	0.004	0.007	3.66E-14	0.009	1.35E-08
El Diamante	0.084	-----	0.707	0.241	0.345	5.06E-09	0.391	7.73E-05
El Diviso	0.177	0.707	-----	0.121	0.186	4.93E-10	0.217	1.50E-05
Las Vegas	0.004	0.241	0.121	-----	0.819	2.97E-06	0.753	0.005
La Cascada	0.007	0.344	0.187	0.819	-----	9.56E-07	0.931	0.002
Mirandé	3.66E-14	5.06E-09	4.93E-10	2.97E-06	9.56E-07	-----	6.12E-07	0.058
Bosque La Cascada	0.009729	0.391	0.217	0.753	0.931	6.12E-07	-----	0.002
Bosque Mirandé	1.35E-08	7.73E-05	1.50E-05	0.005	0.002	0.058	0.002	-----

Unidades de muestreo	Prueba Post hoc Dunn para los datos de riqueza							
	Santa Anita	El Diamante	El Diviso	Las Vegas	La Cascada	Mirandé	Bosque La Cascada	Bosque Mirandé
Santa Anita	-----	0,108	0,211	0,002	0,007407	3.028E-12	0,007	0.00003
El Diamante	0,108	-----	0,721	0,153	0,2841	3.322E-07	0,269	0.086
El Diviso	0,211	0,721	-----	0,074	0,1532	3.136E-08	0,143	0.018
Las Vegas	0,002	0,153	0,074	-----	0,721	0.001	0,747	0,012
La Cascada	0,007	0,284	0,153	0,721	-----	0.0001	0,973	0,004
Mirandé	3.028E-12	3.322E-07	3.136E-08	0.001	0.0001871	-----	0.0002	0,018
Bosque La Cascada	0,007	0,269	0,143	0,747	0,973	0.0002	-----	0,005
Bosque Mirandé	0.00003	0.086	0.0183	0,01244	0,004	0,01851	0,005	-----