

**MARIPOSAS DIURNAS (Lepidoptera: Rhopalocera) EN DOS SISTEMAS  
DE PRODUCCIÓN CAFETERA EN LA MESETA DE POPAYÁN**

**YULLI LILIANA TAMAYO VÉLEZ**



Universidad  
del Cauca

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2017**

**MARIPOSAS DIURNAS (Lepidoptera: Rhopalocera) EN DOS SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN CAFETERA EN LA MESETA DE POPAYÁN**

**YULLI LILIANA TAMAYO VÉLEZ**

**Propuesta de trabajo de grado en la modalidad de investigación como  
requisito para optar al título de Bióloga**

**Directora  
MARIA CRISTINA GALLEGO ROPER, Ph.D**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2017**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

**Directora** \_\_\_\_\_  
**Ph.D. María Cristina Gallego Roperó**

**Jurado** \_\_\_\_\_  
**M.Sc. Clara M. Concha Lozada**

**Jurado** \_\_\_\_\_  
**M. Sc. Yamid Arley Mera**

Fecha de sustentación: Popayán, Mayo 04 de 2017

*A mis padres, mi ejemplo de lucha y perseverancia.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por su apoyo incondicional durante toda mi carrera, por su paciencia y amor durante toda mi vida, por nunca dejarme desfallecer y ser mi ejemplo a seguir. Agradezco al resto de mi familia, mis abuelas, tíos y primos por su amor y apoyo en cada momento.

A mi directora Maria Cristina Gallego, por la oportunidad de trabajar y aprender de ella. Gracias por la paciencia.

Al Grupo de Servicios Ecosistémicos, por su apoyo y compañía en todo este proceso, por la amistad y los buenos momentos.

A COLCIENCIAS por la financiación para la realización de este proyecto.

A mis ayudantes en campo por la colaboración y disposición, aún bajo el sol intenso o la lluvia inclemente.

A los dueños de las fincas donde se desarrolló el proyecto por abrirnos las puertas y recibirnos siempre con una sonrisa.

A cada persona que ha tenido que ver con la realización de este proyecto y en general de mi carrera, profesores, compañeros y amigos, gracias por el apoyo y el cariño.

A mis amigos y mi segunda familia, Jose, Francisco, María Olga, Zonya, Cattalina, Cindy, Nicolás, Vicktor y Diana, gracias por el cariño, por el apoyo, por nunca dejarme desfallecer a lo largo de este camino y regalarme palabras de aliento y sonrisas que alegran el alma.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	9
1 INTRODUCCIÓN.....	10
2 JUSTIFICACION.....	12
3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	14
3.1 Agroecosistemas o sistemas de producción .....	14
3.2 Biodiversidad en los sistemas productivos de café .....	16
3.3 Diversidad de mariposas en sistemas de producción cafetera .....	18
4 OBJETIVOS.....	19
4.1 Objetivo general .....	19
4.2 Objetivos específicos .....	19
5 METODOLOGÍA.....	20
5.1 Área de estudio .....	20
5.2 Caracterización vegetal del área de estudio .....	20
5.3 Muestreo de lepidópteros.....	21
5.4 Análisis de datos .....	23
6 RESULTADOS Y DISCUSION .....	24
6.1 Caracterización vegetal.....	24
6.1.1 Cafetales con sombrío – Policultivos .....	24
6.1.2 Cafetales a libre exposición – Monocultivos .....	26
6.2 Composición general de la comunidad de mariposas diurnas en dos sistemas de producción cafetera (monocultivo y policultivo).....	29
6.3 Diversidad alfa .....	36
6.3.1 Curvas de acumulación de especies .....	36
6.4 Número efectivo de especies .....	39
6.5 Diversidad Beta .....	43
7 CONCLUSIONES .....	48
8 RECOMENDACIONES.....	49
9 BIBLIOGRAFIA.....	50

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Especies arbustivas y arbóreas asociadas a los sistemas cafeteros en policultivo.....	24
Tabla 2. Especies de arvenses asociadas a los sistemas cafeteros en policultivo. ....	26
Tabla 3. Especies de arvenses asociadas a los sistemas cafeteros en monocultivo .....	27
Tabla 4. Diversidad de especies de mariposas diurnas en números efectivos de especies. ....	39
Tabla 5. Diversidad de especies de mariposas diurnas en números efectivos de especies para los cafetales .....	40

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación del área de estudio, fincas en monocultivo y policultivo. ....	21
Figura 2. Montaje de las trampas Van Someren-Rydon en los cafetales. a. Montaje de trampas con cebos; b y c. Trampas instaladas.....	22
Figura 3. Método de colecta y almacenamiento de las mariposas colectadas a. Marcaje de individuos; b. Material colectado y almacenado en sobres de papel mantequilla; c. Álbum de morfotipos. ....	23
Figura 4. Cafetales con sombrío – policultivos. a. Finca Las Vegas; b. Bejuco; c. Inga sp.; d. Psidium guajava; e. Persea americana .....	25
Figura 5. Especies arvenses asociadas a cafetales con sombrío - policultivo. a. Bidens pilosa; b. Emilia sonchifolia; c. Heliopsis buphthalmoides .....	26
Figura 6. Cafetales a libre exposición – monocultivos. a. El Diamante; b. Santa Anita .....	27
Figura 7. Especies arvenses asociadas a cafetales sin sombrío. a. Emilia sonchifolia; b. Bidens pilosa .....	27
Figura 8. Especies arvenses asociadas a cafetales sin sombrío. a. Emilia sonchifolia; b. Bidens pilosa .....	28

Figura 9. Diversidad de especies por familias de mariposas diurnas colectadas en los dos sistemas de producción cafetera. a. Abundancia y b. Riqueza.....	30
Figura 10. Diversidad de subfamilias de mariposas diurnas colectadas en los dos sistemas de producción cafetera. a. Abundancia y b. Riqueza. ....	31
Figura 11. Diversidad de familias de mariposas diurnas cada sistema evaluado (Policultivo y Monocultivo). a. Abundancia y b. Riqueza. ....	32
Figura 12. Diversidad de especies por subfamilia de mariposas diurnas para cada sistema de cultivo. a. Abundancia y b. Riqueza. ....	33
Figura 13. Curva de acumulación de especies de mariposas colectadas en los dos sistemas de producción del cafetal. ....	36
Figura 14. Curva de acumulación de especies de mariposas diurnas en los dos sistemas cafeteros monocultivo y policultivo .....	37
Figura 15. Correlación entre a. Abundancia y b. Riqueza de mariposas diurnas con la precipitación para todos los meses de muestreo.....	38
Figura 16. Perfil de diversidad alfa para los dos sistemas de producción cafetera	40
Figura 17. Perfil de diversidad alfa para cada una de las fincas. a. Monocultivo; b. Policultivo. ....	41
Figura 18. <i>Catonephele numila</i> esite a. Hembra y b. Macho.....	42
Figura 19. <i>Hermeuptychia hermes</i> . a. Cara dorsal; b. Cara ventral .....	43
Figura 20. Análisis de Similitud de Bray Curtis entre las fincas.....	44
Figura 21. a. <i>Archaeoprepona demophon</i> muson b. <i>Archaeoprepona</i> .....	45
Figura 22. Riqueza de especies de mariposas compartidas y exclusivas en los dos sistemas de producción cafetera.....	47



## RESUMEN

En muchos países del trópico, el cultivo de café posee una importancia económica y social. En Colombia, se presenta una gran diversidad de zonas cafeteras, donde las intensificaciones de los cultivos de café han impactado directamente sobre la biodiversidad, ya que ha generado degradación en la cobertura vegetal reduciendo el número de especies animales y vegetales nativas de donde se encuentran las plantaciones, lo cual representa grandes retos en la conservación. Sin embargo, existen agroecosistemas que conservan una cobertura vegetal compleja, y son claves para el mantenimiento de diferentes organismos, ya que se ha encontrado que la diversidad de especies es similar a la encontrada en bosques naturales. Es por esto que los cultivos de café con sombra asociada (policultivos) son sistemas importantes que ofrecen el sostenimiento de la biodiversidad en paisajes agrícolas, brindando hábitat para las diferentes especies de mariposas diurnas dentro de los sistemas de vegetación asociados a los cultivos de café. En este estudio se evaluó y comparo la comunidad de mariposas diurnas asociadas a dos sistemas de producción cafetera (monocultivo y policultivo), determinando su riqueza, abundancia relativa y analizando la oferta en la provisión de hábitat en los dos sistemas, con el fin de identificar los efectos que ejerce el tipo de manejo sobre la presencia o ausencia de estos organismos.

**Palabras clave:** Café, biodiversidad, conservación, sistemas agroforestales, policultivos, monocultivos, mariposas diurnas.

## 1 INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica puede ser definida como la variedad de organismos vivos presentes en diferentes sistemas ecológicos de los cuales forman parte (Moreno, 2001). Medir la diversidad permite hacer descripciones, comparaciones y generar teorías sobre un sistema que esté siendo sometido a estudio. Las medidas de diversidad son utilizadas para indicar el estado de los ecosistemas y las comparaciones permiten determinar el impacto de las actividades humanas, con lo cual es posible plantear y/o ejecutar acciones encaminadas a la conservación, monitoreo y manejo de los ecosistemas y a mitigación de los efectos adversos generados por actividades antrópicas (Jost, 2006; Moreno *et al.*, 2011).

Se ha evidenciado que la pérdida de la diversidad biológica en Colombia ha sido fuertemente influenciada por la acelerada transformación de ecosistemas a causa de factores como las políticas inadecuadas de ocupación y utilización del territorio, que han agudizado los problemas de colonización y ampliación de la frontera agrícola y pecuaria, dejando como resultado la fragmentación de bosques naturales y por ende la reducción o pérdida de hábitats (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1994).

Desde el siglo XIX, el cultivo de café ha sido uno de los sistemas agroproductivos con mayor intensificación, ocupando un lugar especial desde el punto de vista social, económico y cultural, (Macip-Rios & Casas-Andreu, 2008). Su intensificación, ha generado un gran impacto sobre el paisaje de algunas regiones del país; en Colombia existen aproximadamente 948.000 ha sembradas con café, y la tradición se dirige especialmente hacia los sistemas de producción intensivos, aunque existen regiones en donde estos modelos no son funcionales, debido a sus condiciones climatológicas (Rojas Sánchez *et al.*, 2012). El Cauca posee aproximadamente 89.000 ha cultivadas de café, de las cuales solo el 3.4% tienen un sistema de producción Tradicional, es decir, típica sin trazo o típica con densidad menor a 2500 árboles (FNC, 2014).

Este agroecosistema ha evidenciado ser una herramienta importante en la conservación de la diversidad biológica, comparándolos con otros sistemas de producción intensivos, ya que es posible mantener en ellos especies dependientes de bosques en zonas afectadas por la deforestación (Perfecto *et al.*, 1996; Greenberg *et al.*, 1997; Moguel & Toledo, 1999; Somarriba *et al.*, 2004). Además, los sistemas de producción bajo sombra diversificada (estructural y florística) pueden cumplir el papel de corredores biológicos, aumentando zonas de amortiguamiento alrededor de parches boscosos mejorando así su valor de conservación (Rice & Ward, 1996).

Los polinizadores constituyen un componente especial de la biodiversidad encontrada en los agroecosistemas. Muchos de los cultivos alimenticios son polinizados por diversos grupos de animales como abejas, avispas, escarabajos, pájaros, mariposas, murciélagos, entre otros (Collette *et al.*, 2007). Varios estudios han mostrado que la presencia del dosel de los árboles de sombra en cultivos de café incrementa la biodiversidad asociada y pueden albergar otras plantas y animales, incluyendo aves (Perfecto *et al.*, 1996, 2003).

Para este estudio fueron seleccionadas las mariposas debido a que desempeñan un importante papel en los ecosistemas como polinizadoras que ayudan a mantener los cultivos y especies de plantas silvestres (Potts *et al.*, 2016). Existe además una estrecha relación entre los lepidópteros y las plantas hospederas encontradas entre la vegetación asociada a los cafetales, y el tipo de hábitat, lo que convierte a estos organismos en indicadores de calidad ambiental (Brown & Freitas, 2000; Bonebrake *et al.*, 2010).

En el presente estudio se evaluó la diversidad de mariposas diurnas en dos sistemas de producción cafetera (monocultivo y policultivo) en la meseta de Popayán, esto con el fin de establecer si la presencia o ausencia de sombra diversificada, dentro de cada sistema de producción, ejerce alguna influencia sobre la estructura de la comunidad de lepidópteros. La importancia de esta investigación radica en la importancia de contribuir al conocimiento de la diversidad de mariposas diurnas en sistemas agroforestales de café y aportar respuestas de cómo este

sistema de producción influye en la conservación de la biodiversidad en paisajes agrícolas.

## 2 JUSTIFICACION

La disminución de la biodiversidad y la alteración de los ecosistemas se han visto influenciadas en las últimas décadas, principalmente, por actividades agrícolas, las cuales ejercen un impacto directo sobre los sistemas naturales. Estas actividades fragmentan los bosques, quedando inmersos en segmentos que componen matrices contrastantes en los paisajes (Ewers & Didham, 2005). Los agroquímicos usados en los cultivos agrícolas son una de las principales amenazas para aquellos organismos sensibles a las perturbaciones de los sistemas naturales como los lepidópteros (Mas & Dietsch, 2004).

Durante los últimos años se ha propuesto que los sistemas productivos o agroecosistemas como las plantaciones de café con estrato de sombra, puedan ser elementos clave para la conservación de la biodiversidad (Altieri, 2002), ya que el manejo dado a los sistemas productivos influye en el mantenimiento de la biodiversidad de diferentes grupos taxonómicos sensibles (Perfecto *et al.*, 2003). Estos sistemas no transforman los hábitats naturales, sino que conservan los árboles nativos, en el tercer estrato plantan el café y aprovechan los organismos controladores de plagas para mantener la productividad de los cultivos (Moguel & Toledo, 1999).

Estudios recientes indican que una proporción considerable de la biodiversidad original puede persistir dentro de los agroecosistemas, si estos retienen una cantidad suficiente de cobertura arbórea (fragmentos de bosque, cercas vivas, árboles dispersos, etc.) que brinde las condiciones para que habiten diferentes organismos (Harvey *et al.*, 2006).

La biodiversidad a nivel de comunidades, depende del número de especies presentes (riqueza específica) y de las abundancias relativas (equitatividad). Estos dos elementos, son factores fundamentales que definen la diversidad de una comunidad (Halffter, 1995). Las aplicaciones de las medidas de diversidad se utilizan mayormente en procesos de conservación y en el monitoreo de la

diversidad; por lo tanto, estas medidas son consideradas como herramientas para evaluar el estado de alteración del medio natural (Primack *et al.*, 2001; Tobar *et al.*, 2002).

En Colombia se conocen cerca de 3019 especies de mariposas, las cuales representan el 61,9% de las reportadas para el neotrópico (Camero & Calderon, 2007). Los estudios relacionados con la conservación de estas comunidades en las distintas zonas altitudinales de Colombia son importantes debido a que están desapareciendo como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola y de la introducción de nuevas especies vegetales (Andrade-C., 2002). Sin embargo, algunas especies parecen haberse adaptado a los cambios de las condiciones del paisaje, derivados de la actividad antropogénica, por lo que se les puede encontrar asociadas a asentamientos humanos en zonas rurales con actividad agrícola (Millán *et al.*, 2009).

La diversidad de especies de mariposas está determinada principalmente por la disponibilidad de microhábitats y de recursos como plantas hospederas para las larvas, o flores y frutos para los adultos (Restrepo *et al.*, 2007). Con la fragmentación y pérdida de hábitat, se ha evidenciado una disminución en la riqueza y diversidad de especies de mariposas a medida que la fragmentación aumenta y la calidad de la matriz disminuye (Brown & Hutchings, 1997; Ewers & Didham, 2005; Uehara-Prado *et al.*, 2007).

Las mariposas diurnas son organismos que han sido estudiados gracias a que poseen ciertas facilidades como su observación, identificación, ciclos de vida cortos y taxonomía estable, facilitando su uso como herramientas de evaluación del estado de conservación en ecosistemas terrestres, (De Vries, 1987; Brown & Hutchings, 1997; De Vries *et al.*, 1999) siendo de gran importancia en los ecosistemas por sus roles ecológicos (polinización y herbívora) y sensibilidad a los cambios en la vegetación, cobertura y parámetros microclimáticos (Brown & Hutchings, 1997).

Con base en lo anterior, se hace evidente la importancia de estudiar y analizar la diversidad de las comunidades de mariposas dentro de los diferentes agroecosistemas como el cultivo de café, el cual es uno de los sistemas agrícolas

de producción con mayor intensificación que ha ocupado un lugar especial desde el punto de vista social, económico y político en Colombia (Rojas *et al.*, 2012), haciendo necesario conocer cómo estos sistemas agrícolas contribuyen a la conservación integral de los ecosistemas y la biodiversidad dentro de ellos .

La meseta de Popayán presentó en el siglo pasado una creciente expansión cafetera, lo que llevo a una transformación en el manejo cultural del cultivo de café, generando conversión de policultivos a monocultivos (Correa, 1992), lo cual lleva al interés de estudiar como la eliminación de la sombra en los monocultivos intervienen en la diversidad de las comunidades de mariposas diurnas.

En este estudio las mariposas fueron empleadas como organismos bioindicadores, las cuales responden a los diferentes tipos de manejo que presentan los sistemas productivos de café y nos permiten conocer que factores influyen en sus comunidades. Los resultados obtenidos permitirán identificar elementos de interés que contribuyan a la conservación de la biodiversidad de la zona, así como también a la promoción de prácticas productivamente sostenibles que permitan a los caficultores obtener beneficios al aplicar métodos de conservación.

### **3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Agroecosistemas o sistemas de producción**

De acuerdo con Soriano & Aguiar (1998), un agroecosistema puede ser entendido como un ecosistema que es sometido por el hombre a frecuentes modificaciones en sus componentes bióticos y abióticos. Estas modificaciones afectan procesos de los ambientes naturales, los cuales abarcan desde el comportamiento de los individuos y la dinámica de las poblaciones hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía (Ghersa & Martinez-Ghersa, 1991). Los agroecosistemas tienen un mayor impacto en las dinámicas del hombre, ya que son ellos los que proveen comida e influyen sobre la calidad del ambiente (Sarandón, 2002).

Koh & Gardner (2010) clasifican los sistemas productivos en dos categorías: en primer lugar, están los sistemas productivos complejos que se caracterizan por presentar grandes extensiones en donde se cultivan plantas anuales y perennes,

obteniendo de esta manera una alta diversidad florística y una vegetación compleja como los son por ejemplo, los cafetales con sombrío; segundo, los sistemas productivos de menor complejidad como los jardines o huertas, los cuales se caracterizan por presentar pocas extensiones de tierra en donde se cultivan plantas semi-permanentes y tienen un manejo menos intensivo que los sistemas complejos. De acuerdo con Moguel & Toledo (1999), los sistemas cafeteros se clasifican en:

- (1) Sistema rústico: sustitución del estrato bajo de bosques tropicales y subtropicales por plantas de café, manteniendo la cobertura de árboles originales.
- (2) Policultivo tradicional: se establece el café en el estrato bajo, pero a diferencia del sistema rústico, la sombra tiene un mayor manejo ya que se favorecen o introducen especies de interés para los caficultores.
- (3) Policultivo comercial: incluye solo especies de sombra introducidas (cultivadas), en el cual la cobertura forestal ya no se encuentra integrada por los árboles nativos, fomentándose árboles de sombra generalmente de leguminosas y/o con algún valor comercial.
- (4) Monocultivo bajo sombra especializada: es un sistema moderno y comercial de producción de café, en el cual se utilizan solo sombras de leguminosas (*Inga* o *Erythrina*) generalmente.
- (5) Monocultivo bajo sol: este sistema elimina el componente arbóreo de sombra y representa un sistema agrícola que pierde el carácter agroforestal de los sistemas anteriores.

Algunos autores como Altieri (2002), Koh & Gardner (2010) y Revilla *et al.* (2013), establecen que los sistemas productivos o agrecosistemas pueden aportar tres tipos de beneficios a la biodiversidad: (1) provisión de hábitats sostenibles en áreas que han sufrido una deforestación evidente a lo largo del tiempo, (2) matrices dentro del paisaje que permiten el movimiento de las especies entre los remanentes de bosques y (3) si los sistemas mantienen o incluyen a los árboles nativos, estos pueden proporcionar sombra, refugio y alimento tanto para animales como para humanos.

En este sentido Pérez (2008), evaluó y comparó la diversidad biológica de mariposas diurnas en sistemas agroforestales con café de diferente complejidad estructural. Los resultados evidenciaron que el incremento de la complejidad estructural de los cafetales ofrece una mayor diversidad de mariposas diurnas que los cafetales de menor complejidad estructural. A su vez, Muriel & Kattan (2009) encontraron plasticidad en el movimiento de las mariposas de la subfamilia Ithomiinae entre fragmentos de bosque, cafetales con sombrío y cafetales a libre exposición. Los resultados indicaron que los cafetales con sombrío son empleados por las mariposas como corredores que facilitan el movimiento en un paisaje heterogéneo. De igual forma, García (2013) encontró que la riqueza específica y diversidad de mariposas diurnas se incrementó en zonas con heterogeneidad vegetal: elementos subarbustivos similares a un sotobosque y matorrales asociados a plantaciones de guanábano.

Altieri (2002), Dalgaard *et al.* (2003), Horner Devine *et al.* (2003) Milder *et al.* (2010) y Koh & Gardner (2010), han planteado que existe una necesidad de prevenir la conversión completa de las tierras cultivadas e integrar el manejo adecuado de los sistemas productivos con el fin de aplicar el conocimiento científico-ecológico en planes de manejo para la conservación y de esta manera aliviar la degradación de la biodiversidad.

### **3.2 Biodiversidad en los sistemas productivos de café**

El café ha sido motivo de diversos estudios relacionados con la conservación de biodiversidad del neotrópico debido a su importancia económica, al manejo tradicional de cultivos con sombra asociada, a la gran variedad de sistemas de producción, y a la coincidencia de las regiones de producción en áreas de importancia mundial para la conservación (Ivette Perfecto *et al.*, 1996; Greenberg *et al.*, 1997; Beer *et al.*, 1998; Moguel & Toledo, 1999; Myers *et al.*, 2000; Horner-Devine *et al.*, 2003; O'Brien & Kinnaird, 2003).

La expansión agrícola en el neotrópico ha generado que los remanentes de bosques se encuentren entre matrices heterogéneas, incluyendo a los sistemas productivos tradicionales (Perfecto *et al.*, 1996). Estos sistemas se caracterizan por



presentar una compleja estructura vegetal y una alta diversidad florística. De esta manera los cultivos tradicionales pueden proporcionar refugio y recursos para los organismos y por ello, pueden jugar un papel importante en el mantenimiento de la biodiversidad. Uno de estos sistemas productivos es el café con sombrero que se caracteriza por ser cultivado bajo el dosel de árboles nativos (Perfecto *et al.*, 1996).

Varios autores han reportado la importancia de los sistemas productivos de café en la conservación de especies arbóreas, aves, mamíferos terrestres, artrópodos, anfibios y reptiles (Perfecto *et al.*, 1996; Moguel & Toledo 1999; Somarriba *et al.*, 2004 y Florian Rivero, 2005). Los resultados son consistentes con el principio ecológico general del incremento de la riqueza y diversidad de especies con el aumento de la diversidad estructural y florística del hábitat, pero también indican que la estructura de comunidades cambia con el aumento de perturbaciones en el hábitat.

Estudios realizados en cafetales con sombrero en Latinoamérica, han determinado que en lugares en donde la deforestación ha ejercido un impacto considerable en los bosques naturales mexicanos, las plantaciones de café con sombrero proporcionan refugio a muchas especies y consideran que éstos sistemas productivos complementen o deben ser parte de las reservas y otras áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad (Moguel & Toledo, 1999).

Perfecto *et al.* (2007) realizaron una revisión de los cafetales con sombrero en varias regiones latinoamericanas y establecieron que los cafetales con sombrero representan refugio para muchas especies de animales y plantas, y gracias a la calidad de la matriz mantienen y proveen diversos servicios ecosistémicos como la polinización, control natural de las plagas y mejoramiento de calidad de suelos.

Muriel & Kattan (2009) evidenciaron la plasticidad comportamental de mariposas de la subfamilia Ithomiinae entre plantaciones de cafetal con sombrero y cafetal a libre exposición al sol, ubicados en los Andes colombianos. El estudio determinó la importancia que tienen los agroecosistemas como el cafetal con sombrero para la conservación de mariposas, debido a que permiten la movilidad entre el paisaje heterogéneo y proporciona recursos para estos insectos.

Rojas Sánchez *et al.* (2012) realizaron una investigación sistemática con bases de datos de publicaciones, con el objetivo de describir de manera sintética el impacto de los sistemas de producción de café sobre el paisaje y la biodiversidad, incluyendo la introducción de especies exóticas invasivas, a nivel global y específico en Colombia. Los resultados permitieron constatar que el efecto de la transformación del paisaje actúa como una reacción en cadena, así mismo destacaron los beneficios del café con sombrero en la conservación de especies de flora y fauna nativa, ya que presenta características similares a las de los bosques no intervenidos.

Los estudios antes mencionados, evidencian que la biodiversidad de diferentes grupos taxonómicos presentes en los cafetales se debe al manejo sin químicos y a la presencia de bosques naturales aledaños a estos sistemas productivos (Mas & Dietsch, 2004) y proponen como estrategia para la conservación la promoción de cultivos de café tradicional (policultivos) junto con la preservación de remanentes de bosques naturales cercanos a los sistemas productivos.

### **3.3 Diversidad de mariposas en sistemas de producción cafetera**

Las mariposas juegan un papel ecológico importante dentro de los agroecosistemas, ya que las larvas se alimentan de las plantas hospederas que pueden estar presentes en los sistemas agrícolas y sus heces contienen varios de los nutrientes que pueden aportar a los suelos de los cultivos. Las mariposas sirven como alimento de aves y otros depredadores y pueden ser el organismo hospedero de algunos parasitoides que pueden suprimir insectos que pueden ser plaga de los cultivos (Munyuli, 2012).

Meehan *et al.* (2012) documenta que el tipo de manejo que presentan los diferentes sistemas de cultivos pueden ejercer un impacto en la abundancia de mariposas. Así mismo, autores como Moguel & Toledo (1999), Altieri (2002), Abós (2001), Muriel & Kattan (2009) determinaron que la presencia de fragmentos de bosques cercanos a los sistemas productivos pueden mantener las poblaciones de lepidópteros y representan una oportunidad de conservación para estos organismos.

Un estudio realizado por Millán *et al.* (2009) arroja resultados en los que la alta abundancia de Ithomiinae en cafetales de sombra alternado con siembra de plátano, indica que este policultivo ofrece un hábitat apropiado para esta subfamilia. Así mismo Muriel *et al.* (2011) realizaron una investigación con el fin de identificar las plantas hospederas de larvas Ithomiini (Lepidoptera) en agroecosistemas de café, así como también evaluaron el efecto de las variables: sistemas de producción, área en bosque y diversidad de plantas hospederas. Los resultados obtenidos demostraron que los agroecosistemas de café con sombra asociada (policultivos) son favorable para las mariposas de la tribu Ithomiini, pero esto no depende solo del sistema de producción, sino también de otros factores como la diversidad de plantas hospederas y del área de vegetación natural presentes en la zona.

Estos estudios revelan que los sistemas de producción de café con sombra asociada (policultivo) ofrecen a las mariposas diurnas las condiciones necesarias para mantener su hábitat.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) asociadas a dos sistemas de producción cafetera (monocultivo y policultivo), corregimiento La Rejoya, vereda Villanueva, Popayán.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la riqueza y abundancia relativa de mariposas diurnas en dos sistemas de producción cafetera (monocultivo y policultivo), en el corregimiento La Rejoya, vereda Villanueva.
- Evaluar el cambio en la composición de la comunidad de mariposas diurnas en los dos sistemas de producción cafetera, en el corregimiento La Rejoya, vereda Villanueva.

- Analizar la oferta en la provisión de hábitat para la comunidad de mariposas diurnas en los dos sistemas de producción cafetera, en el corregimiento La Rejoya, vereda Villanueva.

## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 Área de estudio**

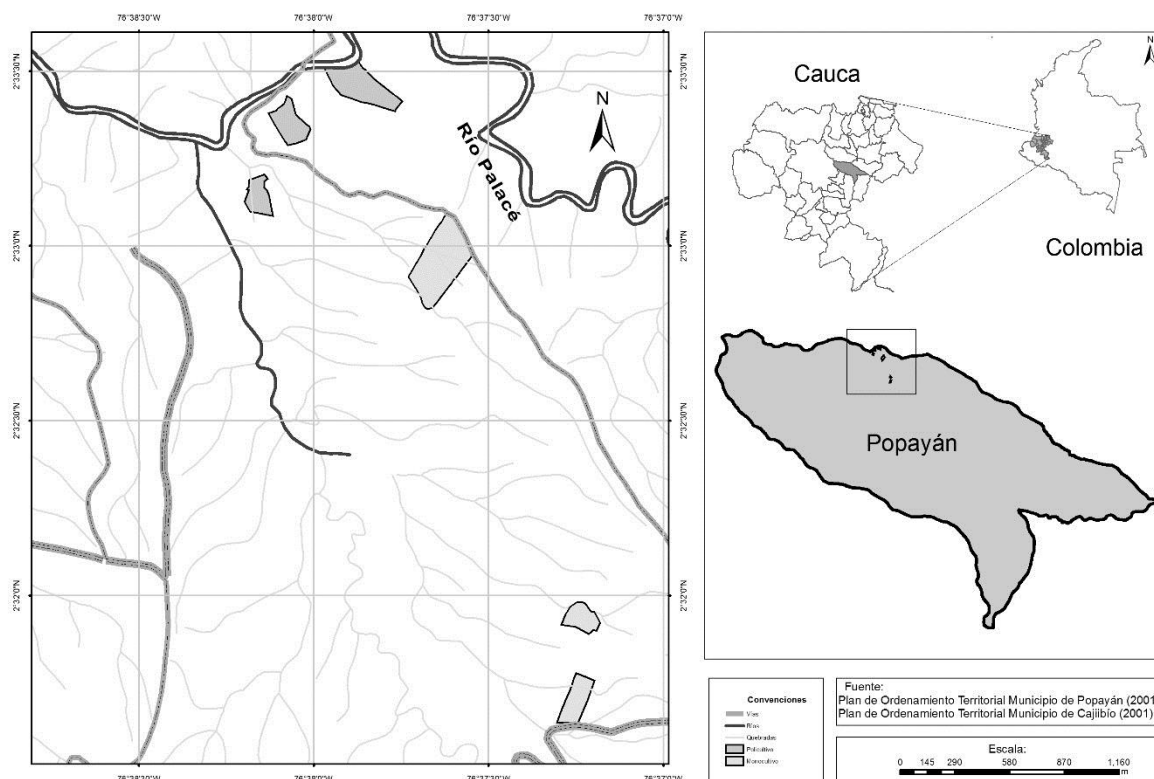
El estudio se realizó en el corregimiento La Rejoya, departamento del Cauca, ubicado 18 km al occidente de la ciudad de Popayán, sobre la cuenca del río Palacé con un área de 2475,04 ha. Al norte limita con el corregimiento de Calibío perteneciente al municipio de Cajibío, al oriente con el corregimiento de las Piedras, al sur con el corregimiento de San Bernardino y al occidente con el corregimiento de Santa Rosa. La cabecera del corregimiento corresponde al caserío de la Rejoya, lo conforman las veredas de la Rejoya y Villanueva (Alcaldía de Popayán-Cauca, 2009). La zona de estudio presenta una altitud entre 1700 – 1800 msnm, una temperatura media de 19°C, una precipitación promedio anual de 2132 mm y una humedad relativa entre 70% - 83% (Estación meteorológica del aeropuerto Guillermo León Valencia- Popayán, 2015).

El paisaje presenta zonas con sistemas de monocultivo de café y cafetales con sombra diversificada. Según Holdridge la zona se define como un Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) (Holdridge, 1967) En el área se seleccionaron seis unidades de muestreo: tres cafetales en policultivo y tres cafetales en monocultivo de seis fincas (Figura 1).

### **5.2 Caracterización vegetal del área de estudio**

Se tuvo en cuenta la caracterización realizada previamente dentro del marco del proyecto “Polinización, provisión de hábitat y almacenamiento de carbono como servicios ecosistémicos en dos sistemas de producción cafetera en la meseta de Popayán”, que se llevó a cabo en la misma zona de estudio. Adicionalmente se realizaron recorridos de observación e identificación de la vegetación asociada a los dos sistemas de producción cafetera. La información de la vegetación asociada a

los dos sistemas de producción cafetera permitirá el análisis de la oferta en la provisión de hábitat.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio, fincas en monocultivo y policultivo.

### 5.3 Muestreo de lepidópteros

En cada sistema de cultivo se instalaron seis trampas Van Someren-Rydon, iniciando a una distancia mínima de 15 metros del borde, y distribuidas en un transecto de 300 metros, separadas entre sí 50 m, a una altura de 2m (Villarreal *et al.*, 2004). Las trampas fueron cebadas cada día con pescado y fruta descompuesta, de forma alternada y se realizaron dos revisiones, una al finalizar la mañana (11:00 – 12:00 h) y otra al finalizar la tarde (15:30 – 16:30 h) (Figura 2). El muestreo se complementó capturando ejemplares con jama entomológica por transectos, esto se realizó dos veces en cada sitio, una en la mañana y otra en la tarde, durante una hora, teniendo en cuenta el mismo esfuerzo de muestreo de dos horas jameo/día/transecto (Triplehorn & Johnson, 2004; Villarreal *et al.*, 2004).



**Figura 2.** Montaje de las trampas Van Someren-Rydon en los cafetales. a. Montaje de trampas con cebos; b y c. Trampas instaladas.

El muestreo fue durante dos días continuos en cada unidad de muestreo, trabajando dos fincas por día, cada 15 días, entre los meses de mayo a noviembre de 2016. Se hizo una primera colecta de individuos y con ellos se elaboró una cartilla de campo con los morfotipos de las mariposas, lo cual facilitó la identificación en campo y evitó la alta mortalidad de individuos (Figura 3c). Las mariposas colectadas que se encontraban registradas, fueron marcadas en su ala derecha con un marcador Sharpie, con un color diferente para cada unidad de muestreo, y así no sobreestimar la abundancia relativa y no confundir las unidades de muestreo (Figura 3a). Los individuos recapturados fueron registrados y liberados. El material colectado fue debidamente rotulado con la información del muestreo (localidad, hora, fecha, tipo de colecta, colector y determinación). Las mariposas fueron guardadas en sobres de papel mantequilla para su posterior montaje e identificación en el laboratorio de biología de la Universidad del Cauca (Figura 3b). Para la identificación de los especímenes se emplearon las claves de Le Crom *et al.* (2002 y 2004) y la guía de Campo de mariposas diurnas de la zona central cafetera colombiana (Valencia *et al.*, 2005). La colección de especímenes, fue depositada en el Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca.



**Figura 3.** Método de colecta y almacenamiento de las mariposas colectadas a. Marcaje de individuos; b. Material colectado y almacenado en sobres de papel mantequilla; c. Álbum de morfotipos.

#### 5.4 Análisis de datos

Los datos de riqueza y abundancia de lepidópteros diurnos fueron analizados con el programa Estimates 9.1 (Colwell, 2013), para determinar la diversidad y compararla entre los sistemas de cultivo de café. Se analizó la diversidad alfa elaborando curvas de acumulación de especies basadas en el estimador de riqueza Chao 1 ya que este es un estimador que trabaja con abundancias relativas (Moreno, 2001), y se obtuvo el número efectivo de especies para cada sistema evaluado (Estimates 9.1, Colwell, 2013). Por último se empleó la medición de diversidad Beta para evaluar el cambio en la abundancia y composición entre las fincas (Moreno, 2001).

## 6 RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Caracterización vegetal

A partir de los muestreos de la vegetación y las observaciones que se realizaron en cada punto de muestreo se hizo una descripción de cada sistema.

#### 6.1.1 Cafetales con sombrío – Policultivos

Los tres cafetales presentaron una composición similar de especies vegetales en el estrato arbustivo (Tabla 1), tienen valor comercial y son empleadas para consumo familiar y/o venta por los agricultores como los guineos (*Musa x paradisiaca*), guamas (*Inga spp.*), aguacates (*Persea americana*), cítricos (*Citrus spp.*), entre otros.

**Tabla 1.** Especies arbustivas y arbóreas asociadas a los sistemas cafeteros en policultivo.

Familia	Especie	Nombre Común	Pol 1	Pol 2	Pol 3
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> Linnaeus (1753)	Mango	x	x	x
Arecaceae	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth (1815)	Chontaduro	x		
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> Linnaeus (1753)	Achiote		x	
Clusiaceae	<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel (1989)	Madroño		x	x
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L. (1753)	Higuerilla	x	x	
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill. (1768)	Aguacate	x	x	x
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp. (1842)	Matarratón		x	
	<i>Inga codonantha</i> Pittier (1916)	Guamo bejuco	x	x	
	<i>Inga densiflora</i> Benth. (1875)	Guamo macheto	x	x	x
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit (1961)	Leucaena	x	x	x
Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L. (1753)	Guineo	x	x	x
Myrtaceae	<i>Myrcia popayanensis</i> Hieron. (1895)	Arrayán		x	
	<i>Psidium guajava</i> L. (1753)	Guayabo	x	x	x
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze (1891)	Cucharó	x	x	
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck (1765)	Limón	x	x	
	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck (1765)	Naranja		x	
Winteraceae	<i>Drimys granadensis</i> L.f. (1782)	Canelo	x		



Las especies más utilizadas para sombrío son las leguminosas como *Inga* spp. (Figura 4), ya que aportan nutrientes al suelo y además crean estratos beneficiosos para el mantenimiento de las plantas y la vida silvestre (Cardona-Calle & Sadeghian-Kh, 2005; Escobar, 2007).



**Figura 4.** Cafetales con sombrío – policultivos. a. Finca Las Vegas; b. Bejuco; c. *Inga* sp.; d. *Psidium guajava*; e. *Persea americana*

Las arvenses que se encuentran en el estrato herbáceo, son especies que crecen en bajas densidades de población sin dominar los campos, son de ciclo de vida corto, semestral o anual, debido a estas características son de fácil manejo, el cual puede hacerse en forma manual o mecánica (Gomez & Rivera, 1987; Tabla 2; Figura 5).

**Tabla 2.** Especies de arvenses asociadas a los sistemas cafeteros en policultivo.

Familia	Especie	Nombre Común	Pol 1	Pol 2	Pol 3
Compositae	<i>Ageratum conyzoides</i> L. (1753)	Hierba de chivo	x	x	x
	<i>Bidens pilosa</i> L. (1753)	Papunga	x	x	x
	<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Polák (1878)	Lengua de vaca	x	x	x
	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist (1943)	Venadillo	x		
	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. (1834)	Emilia	x	x	x
	<i>Heliopsis buphthalmoides</i> (Jacq.) Dunal (1819)	Botón de oro		x	
Gramineae	<i>Brachiaria</i> (Trin.) Griseb. (1853)	Pasto braquiaria	x	x	x
Lythraceae	<i>Cuphea micrantha</i> Kunth (1823)	Moradita	x		
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm. f. (1768)	Escoba dura	x	x	x



Figura 5. Especies arvenses asociadas a cafetales con sombrío - policultivo. a. *Bidens pilosa*; b. *Emilia sonchifolia*; c. *Heliopsis buphthalmoides*

### 6.1.2 Cafetales a libre exposición – Monocultivos

Los sistemas de café en monocultivo, presentaron algunas plantas de guineo separando lotes (Figura 6). Dos de las fincas muestreadas hacia uno de los bordes colindaban con pequeños relictos de bosque.

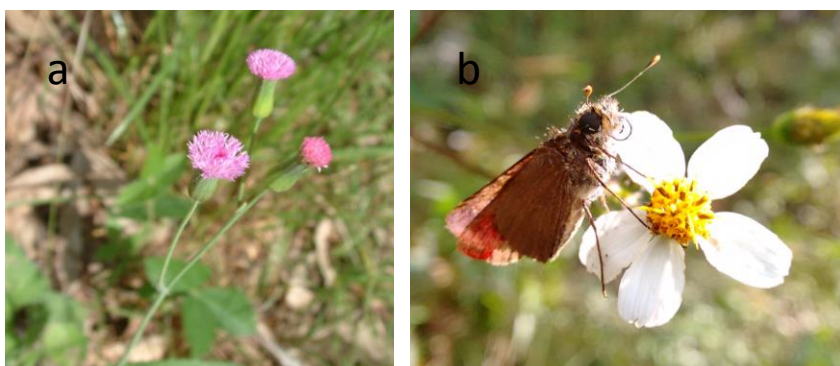


**Figura 6.** Cafetales a libre exposición – monocultivos. a. El Diamante; b. Santa Anita

Al igual que en los policultivos, los monocultivos también registraron arvenses asociadas (Tabla 3), las cuales representan un recurso importante para las mariposas (Figura 7).

**Tabla 3.** Especies de arvenses asociadas a los sistemas cafeteros en monocultivo.

Familia	Especie	Nombre Común	Mon 1	Mon 2	Mon 3
Compositae	<i>Ageratum conyzoides</i> L. (1753)	Hierba de chivo	x		x
	<i>Bidens pilosa</i> L. (1753)	Papunga	x	x	x
	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist (1943)	Venadillo	x	x	x
	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. (1834)	Emilia	x	x	x
Gramineae	<i>Brachiaria</i> sp. (Trin.) Griseb. (1853)	Pasto braquiaria	x	x	x
	<i>Panicum</i> L. (1753)		x	x	
Lythraceae	<i>Cuphea micrantha</i> Kunth (1823)	Moradita	x		x
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm. f. (1768)	Escoba dura	x		x
Rubiaceae	<i>Spermacoce</i> L. (1753)	Botoncillo	x		x



**Figura 7.** Especies arvenses asociadas a cafetales sin sombrío. a. *Emilia sonchifolia*; b. *Bidens pilosa*

Los cultivos de café con sombra asociada utilizados en este estudio pueden clasificarse dentro de los sistemas de policultivo tradicional con sombra donde se incorporan café, otros cultivos plantados y árboles de sombra apropiados para el cultivo (Moguel & Toledo, 1999). Estos ecosistemas producen mayores beneficios para el mantenimiento de la biodiversidad, tanto de flora como de fauna (Faminow & Rodriguez, 2001).

La diversidad de plantas que fueron encontradas en los policultivos como sombrío de los cafetales, ofrece valiosos recursos para las mariposas, como frutos en descomposición y variedad de flores de diferentes tamaños, colores y contenido de néctar, además de esto varias especies arbustivas son utilizadas como plantas hospederas donde las mariposas depositan sus huevos y las orugas forrajean. Además, las arvenses proporcionan flores como un recurso atractivo para las mariposas y garantizan la presencia de estos organismos tanto en policultivo como en monocultivo.

Por otro lado, la biodiversidad agrícola presta bienes y servicios ecológicos a los agroecosistemas como son la regulación de procesos en el ecosistema (clima, enfermedades, régimen hidrológico, detoxificación), servicios de apoyo (formación de suelo, ciclo de nutrientes, polinización, etc.) y beneficios culturales (Jiménez *et al.*, 2007). En este sentido, las mariposas desempeñan papeles ecológicos significativos en los paisajes agrícolas prestando servicios esenciales para el ecosistema, especialmente en el reciclaje de los alimentos (N, P, K) muy necesarios por los cultivos (Schmidt & Roland, 2006).

Sus etapas larvarias se alimentan de las hojas de varias plantas silvestres que se encuentran en los sistemas agrícolas, al depositar sus heces liberan cierta cantidad de nutrientes (Marchiori & Romanowski, 2006). Además, las mariposas son alimento para las aves y otros depredadores, cumplen la función de huéspedes para varios parasitoides que suprimen las plagas de los cultivos y contribuyen a la polinización y salubridad de los ecosistemas en que habitan (Summerville *et al.*, 2001).

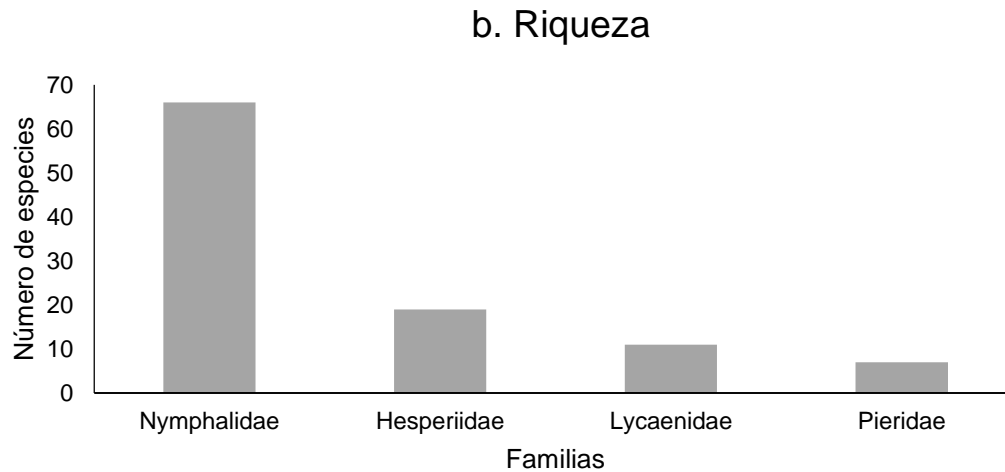
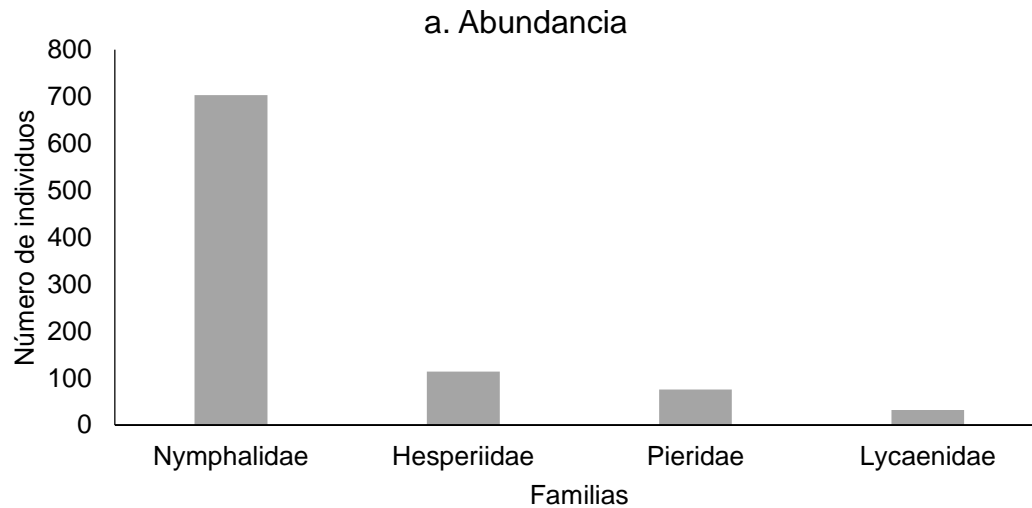
Entre estos, el servicio que más contribuye dentro de los agroecosistemas al mantenimiento de la diversidad vegetal, es la polinización realizada por

componentes de biodiversidad agrícola. La polinización es un proceso fundamental para el mantenimiento de los ecosistemas terrestres naturales así como los gestionados por el hombre; resulta vital para la producción de alimentos y los medios de vida de los seres humanos, relacionando directamente los ecosistemas silvestres con los sistemas de producción agrícola (Observatorio de agentes polinizadores (APOLO), 2013).

La polinización como servicio ecosistémico, beneficia la conservación y mantenimiento de los ecosistemas naturales cercanos y establece relaciones específicas planta – polinizador; además de esto ofrece un aumento en el rendimiento agrícola obteniendo una mayor calidad en los productos cultivados. En relación a esto Munyuli (2012), realizó un estudio sobre la diversidad de comunidades de mariposas en cultivos mixtos de café y banano donde los resultados evidenciaron una mayor riqueza y abundancia en los policultivos de pequeña escala, se cree que las mariposas asociadas a los cultivos, polinizan muchas especies de plantas silvestres y cultivadas. Aunque las actividades de polinización de algunas especies son bien conocidas ( Sarandón, 2002; Jiménez *et al.*, 2007; Observatorio de agentes polinizadores (APOLO), 2013;), es necesario realizar observaciones continuas en el futuro para determinar la eficacia de la polinización de todas las especies de mariposas en las especies de plantas silvestres y cultivadas.

## **6.2 Composición general de la comunidad de mariposas diurnas en dos sistemas de producción cafetera (monocultivo y policultivo)**

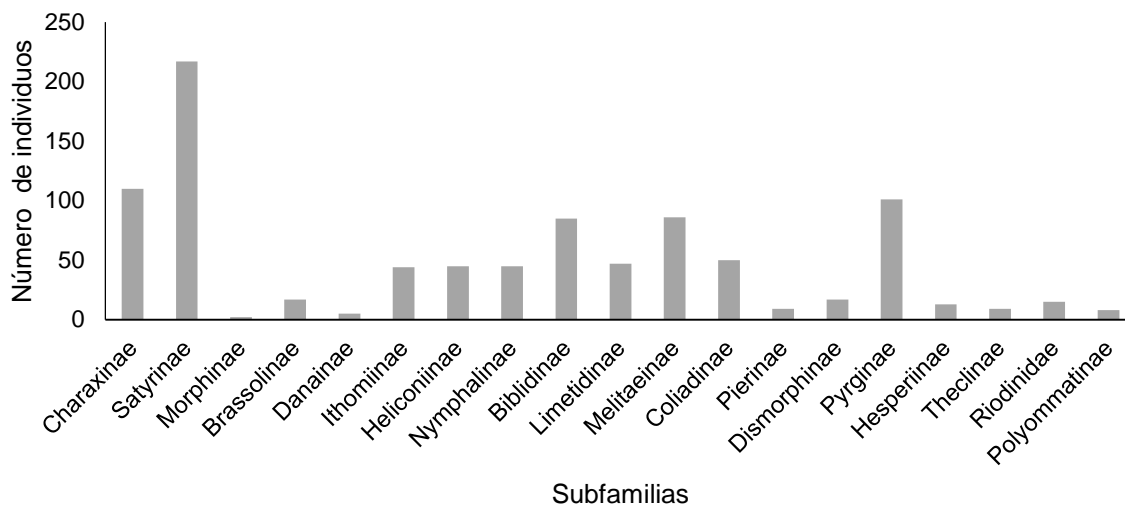
Se registraron 925 individuos de mariposas diurnas, pertenecientes a 103 especies, 19 subfamilias y 4 familias: Nymphalidae, Pieridae, Hesperiiidae y Lycaenidae. La familia Nymphalidae obtuvo el mayor registro con 64% del total de las especies y 76% del total de individuos (Figura 8).



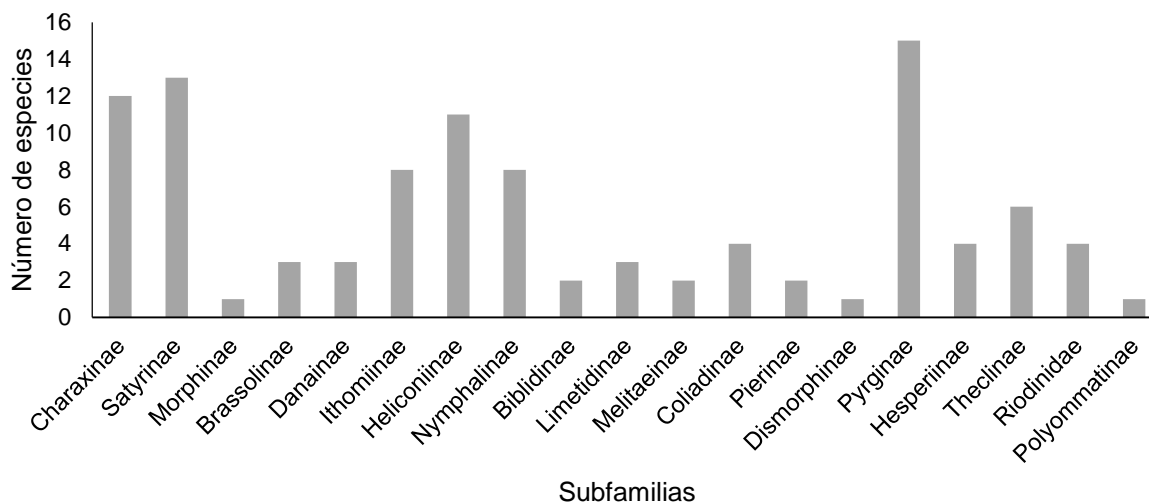
**Figura 9.** Diversidad de especies por familias de mariposas diurnas colectadas en los dos sistemas de producción cafetera. a. Abundancia y b. Riqueza.

Las subfamilias con mayor registro de individuos fueron Satyrinae (23,5%), Charaxinae (11,9 %) y Pyrginae (10,9%) (Figura 9a). Con respecto a la riqueza, las subfamilias con mayor registro de especies fueron Pyrginae (15 sp.), Satyrinae (13 sp.), Charaxinae (12 sp.) y Heliconiinae (11 sp.) (Figura 9b).

### a. Abundancia



### b. Riqueza

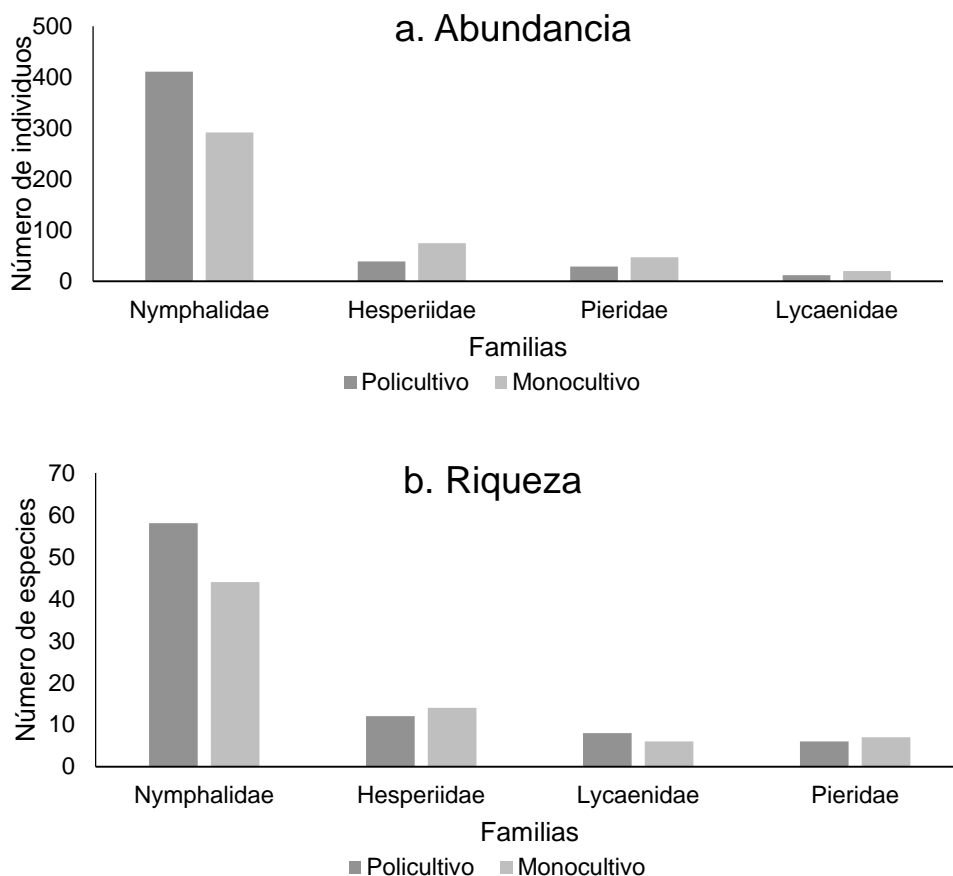


**Figura 10.** Diversidad de subfamilias de mariposas diurnas colectadas en los dos sistemas de producción cafetera. a. Abundancia y b. Riqueza.

Los registros más bajos en cuanto a individuos y especies se obtuvieron en las subfamilias Morphinae (0,2% de los individuos y 1,0% de las especies), Danainae (0,5% de los individuos y 2,9% de las especies) y Polyommatinae (0,9% de los individuos y 1,0% de las especies). Las especies más abundantes en este estudio fueron *Catonephele numilia esite* de la subfamilia Biblidinae con 7,8% del total de individuos registrados y *Hermeuptychia hermes* de la subfamilia Satyrinae,

con 6,5% del total de individuos registrados, y 24 de las 103 especies reportadas estuvieron representadas por un solo individuo.

De las 103 especies registradas, se encontraron 84 en policultivo y 71 en monocultivo. Tanto en el cafetal en policultivo como en el monocultivo la proporción de especies y abundancia de mariposas por familia fue de mayor a menor de Nymphalidae a Hesperidae, Lycaenidae y Pieridae (Figura 10).

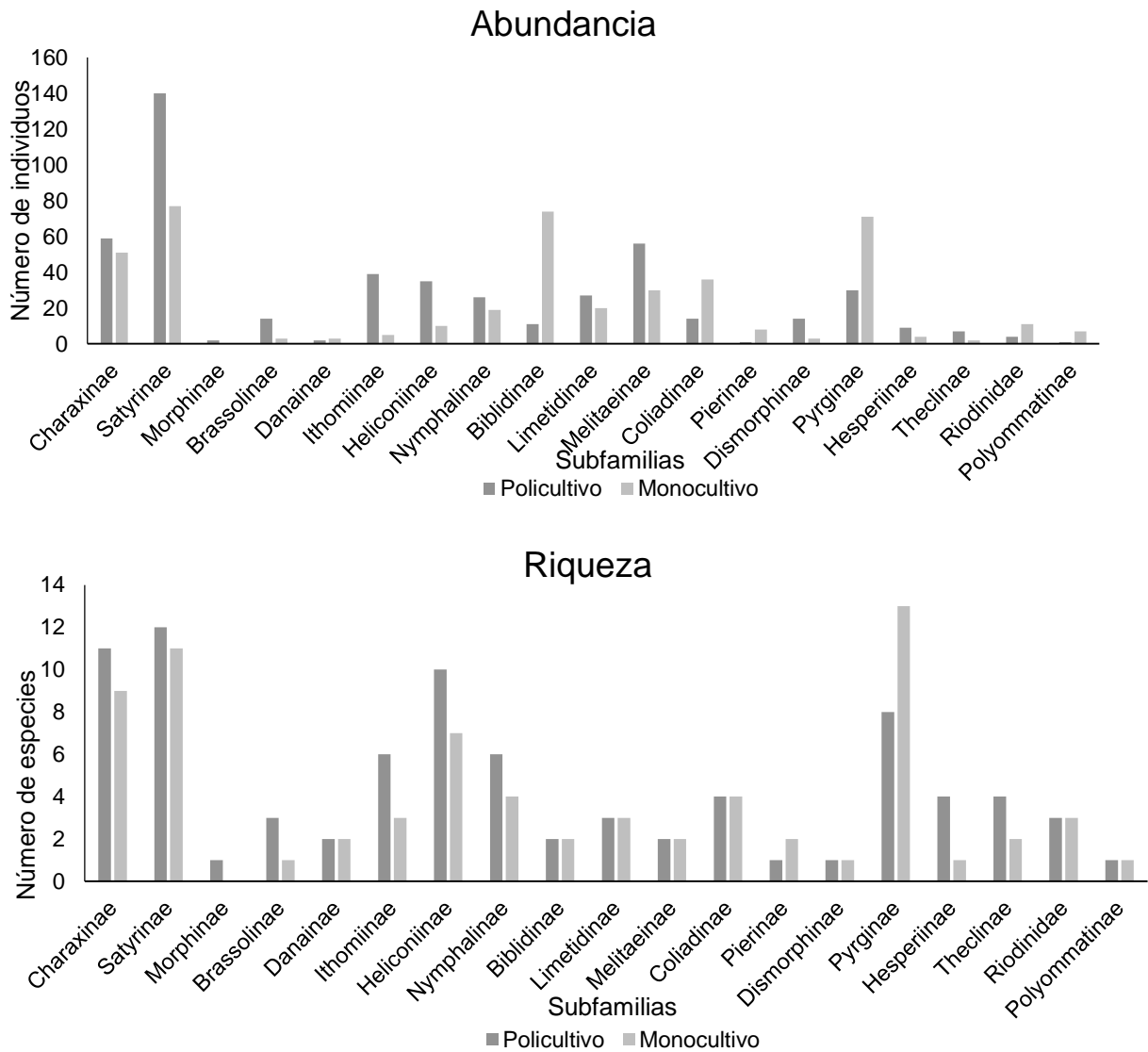


**Figura 11.** Diversidad de familias de mariposas diurnas para cada sistema evaluado (Policultivo y Monocultivo). a. Abundancia y b. Riqueza.

En policultivo la subfamilia con mayor número de individuos fue Satyrinae (28,5%) seguida de Charaxinae (12%) y Melitaeinae (11,4%); en monocultivo Satyrinae con mayor número (17,7%) seguida por Biblidinae (17,1%) y Pyrginae (16,4%) (Figura 11a). Con respecto a la riqueza las subfamilias con mayor registro de especies para policultivo fueron Satyrinae (14,3%), Charaxinae (13,1%) y Heliconiinae (11,9%). Para monocultivo las subfamilias con mayor registro de



especies fueron Pyrginae (18,3%), Saryrinae (15,5%) y Charaxinae (12,7%) (Figura 11b).



**Figura 12.** Diversidad de especies por subfamilia de mariposas diurnas para cada sistema de cultivo. a. Abundancia y b. Riqueza.

La familia Nymphalidae presento el mayor número tanto de especies como de individuos para los dos sistemas, esta familia contiene la mayor diversidad de subfamilias y especies (De Vries, 1988; Le Crom *et al.*, 2004; Valencia *et al.*, 2005), lo cual coincide con los resultados obtenidos por Arias y Huertas (2001) en Churumbelos (Cauca), Palacios y Constantino (2006) en Nariño (Colombia), y Vélez *et al* (2015) en Cajibío (Cauca); en agroecosistemas se registran los estudios de

Coral-Acosta (2015) donde la familia Nymphalidae presento una alta riqueza para el cafetal con sombrío y Dolia *et al.* (2008) donde Nymphalidae fue la familia dominante en los cultivos de café con sombra asociada.

La subfamilia Satyrinae registro el mayor número de individuos para ambos sistemas, siendo la especie *Hermeuptychia hermes* una de las más abundantes en policultivo, esto se debe a que esta subfamilia tiene un amplio rango de distribución en Colombia, se encuentra desde los 300 hasta los 3500m de altitud (Andrade-C., 1991). Además se sabe que sus principales plantas hospederas en Colombia incluyen plantas de las familias Maranthaceae, Arecaceae, Cyperaceae y Araceae (Valencia *et al.*, 2005), las cuales son plantas que abundan en la zona de estudio.

*Hermeuptychia hermes* es una especie indicadora de perturbación (Pérez, 2008), lo que sugiere que los sistemas estudiados presentan un grado de intervención marcado. La composición de las comunidades de mariposas, y sus hábitos en los ecosistemas se ven influenciados por sus necesidades biológicas, algunas especies de mariposas son indicadoras de sistemas conservados, tales como los individuos pertenecientes a la subfamilia Charaxinae, Apaturinae y algunas especies de las subfamilias Biblidinae e Ithomiinae (Caballero, 2009).

La dominancia en cuanto a riqueza de especies de la subfamilia Pyrginae (15 sp.), está determinada por su registro abundante en el monocultivo (13 sp.), lo cual esta correlacionado con que estas especies son típicas de áreas perturbadas (Peña, s. f.), además en la zona se encuentran especies que son utilizadas como plantas hospederas (Fabaceae y Poaceae) (Valencia *et al.*, 2005).

En los monocultivos la especie *Catonephele numilia esite* de la subfamilia Biblidinae, se consideró como la más abundante. Los cafetales en los cuales se colectó esta especie colindan con pequeños relictos de bosque y las trampas en las que fueron encontradas estaban cerca a estos relictos, donde además se registró la presencia de *Alchornea latifolia* (Euphorbiaceae), la cual está reportada como planta hospedera de esta mariposa (Valencia *et al.*, 2005), explicando la presencia y rango de movilidad de *Catonephele numilia esite* dentro de este sistema.

Las subfamilias con menor representación en riqueza fueron Morphinae (1 sp.), Dismorphiinae (1 sp.), Danainae (3 sp.) y Polyommatainae (1sp.), posiblemente

debido a que no tienen un amplio rango de distribución para Colombia (Valencia *et al.*, 2005).

*Morpho helenor telamon* (Morphinae) fue exclusiva para policultivo con 2 individuos registrados, evidenciando su preferencia por hábitats cubiertos y con estructura vegetal compleja, comúnmente se encuentran en las cascadas, atraídas por el agua, revoloteando en los alrededores de los bosques o en los senderos que los cruzan; suelen posarse en las hojas de los árboles o en lugares húmedos, como las orillas de los ríos, los troncos y las rocas (Rodríguez *et al.*, 1996), por lo que es más difícil encontrarlas al interior de los cafetales.

*Dismorphia crisis foedora* (Dismorphinae) estuvo presente en los dos sistemas, con más representatividad en el policultivo donde se registró su planta hospedera *Inga densiflora*, en general las especies de la subfamilia Dismorphinae tienen preferencia por los interiores de bosques, cafetales con sombrío y en bordes de bosque alimentándose principalmente del néctar de las flores de diversas plantas (Valencia *et al.*, 2005), se sugiere que la baja riqueza en los cafetales en monocultivo, se debe a la disminución o ausencia de la planta hospedera.

La subfamilia Danainae aunque estuvo presente en ambos sistemas tuvo mayor representatividad en el monocultivo, ya que las especies registradas son comunes para áreas muy perturbadas y abiertas (García-Pérez & Ospina-López, 2004), su baja representatividad en riqueza se debe probablemente a que tanto sus plantas hospederas como de las que se alimentan los adultos no están registradas para los cultivos estudiados.

Polyommatae tuvo una mayor representatividad en monocultivo, lo que concuerda con Valencia *et al.* (2005), al registrarlas para zonas abiertas y cafetales a libre exposición generalmente volando a ras de piso.

El sistema de policultivo tuvo la mayor abundancia y riqueza de especies en comparación con el monocultivo, lo cual evidencia que este tipo de sistema presenta características más atractivas para las diferentes especies de mariposas. Diferentes estudios (Perfecto *et al.*, 1996; Moguel & Toledo, 1999; Muriel & Kattan, 2009) evidencian que los sistemas de producción cafetera bajo sombra o policultivos, albergan una mayor diversidad de lepidópteros diurnos, ya que

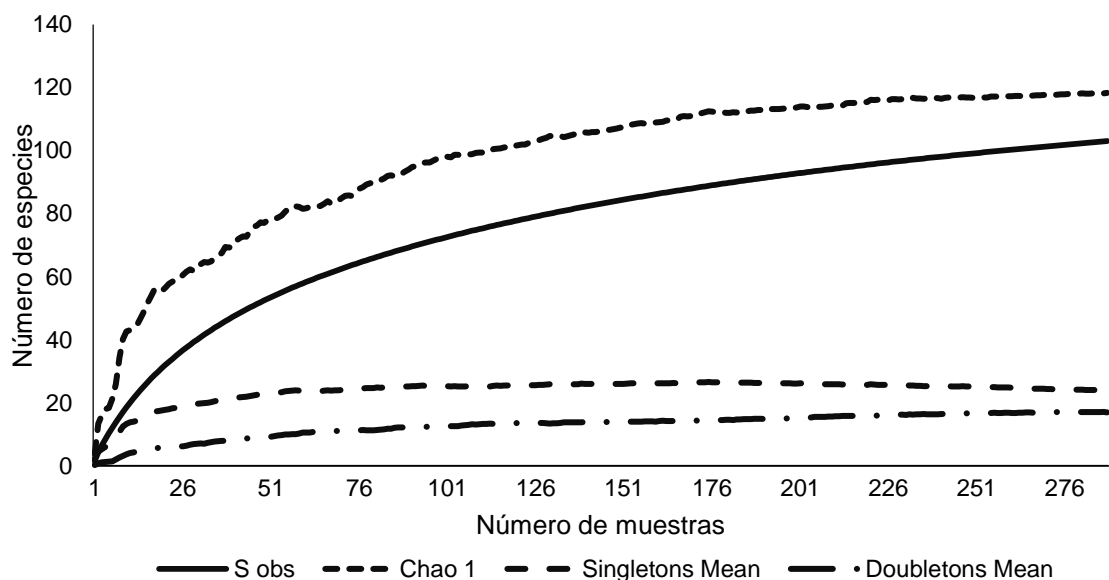
presentan las condiciones necesarias para la sobrevivencia de estos organismos, desde microclima hasta recursos para alimentación y plantas hospederas.

Diferentes investigaciones en sistemas cafeteros a libre exposición (moderna o tecnificada) o monocultivo, evidencian que este tipo de cultivos requieren mayores insumos de materiales, además sufren decrecimiento en el rendimiento a medida que las plantas de café envejecen; mientras que los sistemas cafeteros con sombra asociada requieren menos inversión en materiales y obtienen un café de mayor calidad, además en estos cultivos las plantas de café presentan mayor longevidad (Faminow & Rodriguez, 2001), por lo que se consideran sistemas sustentables.

### 6.3 Diversidad alfa

#### 6.3.1 Curvas de acumulación de especies

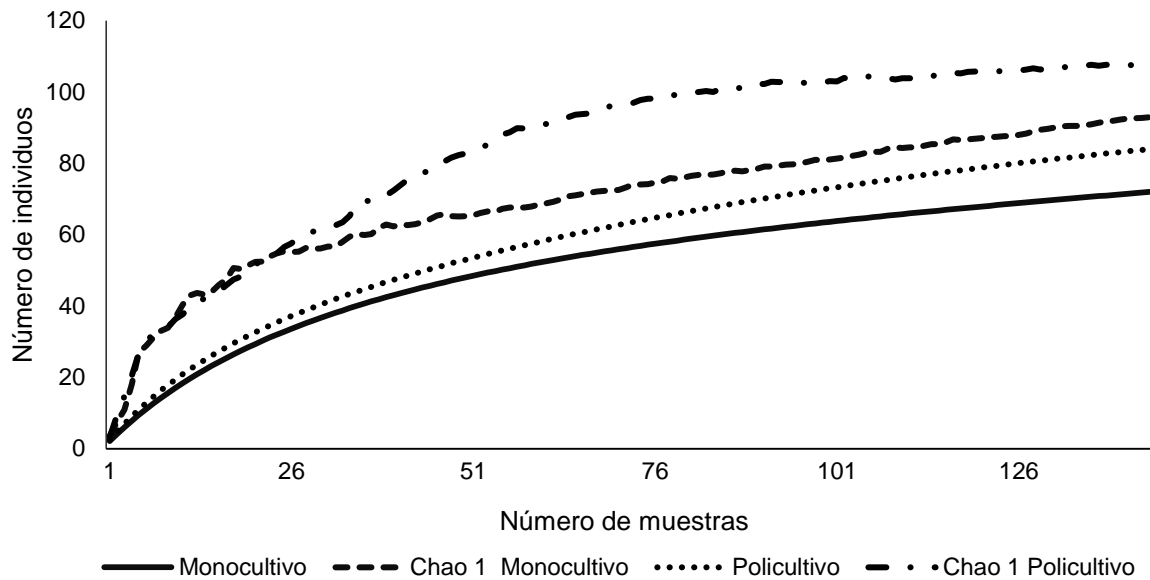
Las curvas de acumulación evidencian el comportamiento de captura de las mariposas registradas para los sistemas de producción cafetera. Al graficar el estimador de riqueza Chao 1, la curva es tendiente a la asíntota, resultando una eficiencia de muestreo general de 87.05% (Figura 12).



**Figura 13.** Curva de acumulación de especies de mariposas colectadas en los dos sistemas de producción del cafetal.

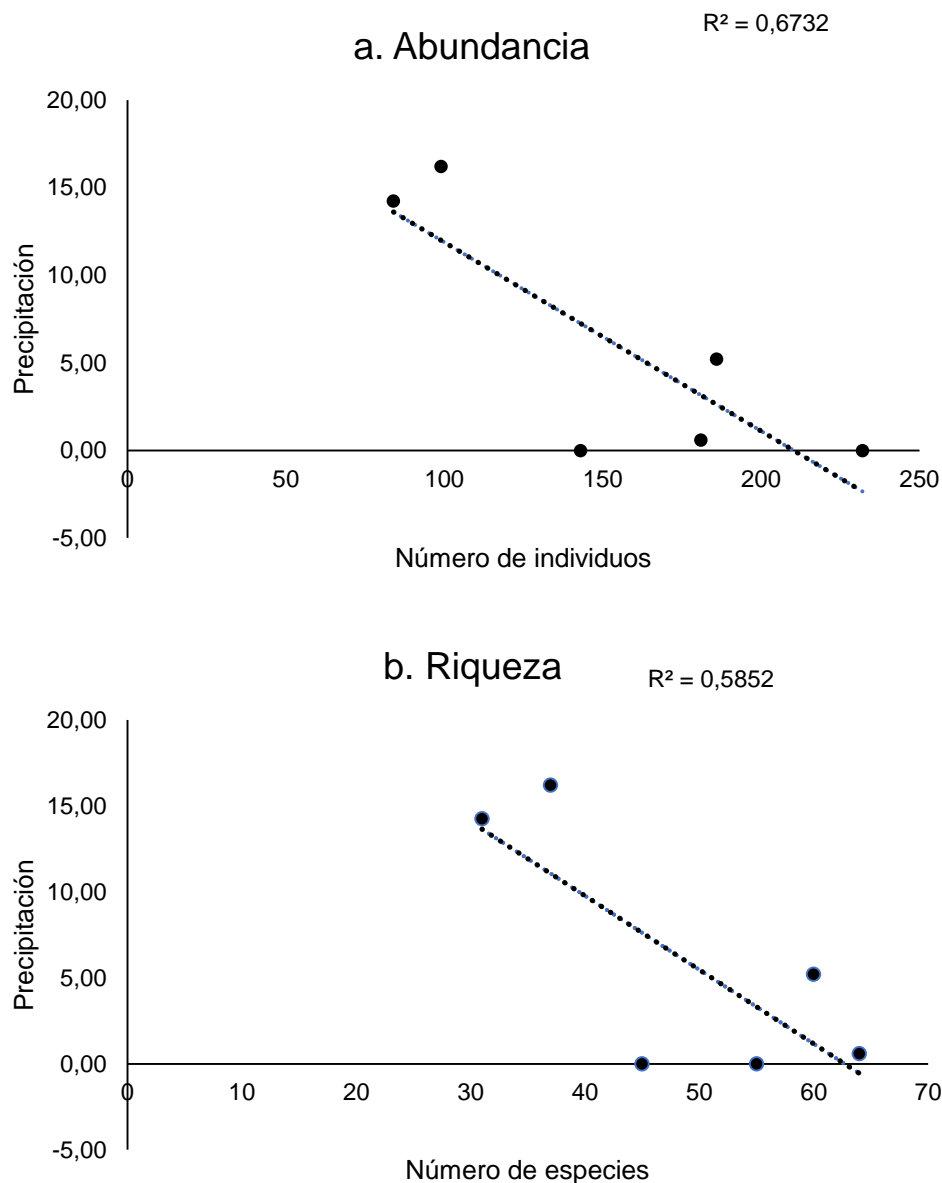
La curva de acumulación de especies en los dos sistemas evaluados fue similar, para el monocultivo fue de 77.46% y para el policultivo fue de 78.08%

(Figura 13), los valores sugieren que de seguir muestreando en el monocultivo se podrían encontrar al menos 20 especies más y en el policultivo 24 especies.



**Figura 14.** Curva de acumulación de especies de mariposas diurnas en los dos sistemas cafeteros monocultivo y policultivo

Es importante aclarar que la captura de los lepidópteros pudo verse afectada por diferentes variables como la franja de vuelo que algunas especies presentan es superior a la altura de las trampas instaladas, la oferta de cebos y las fuertes lluvias que se presentaron en los dos últimos meses de los muestreos. Se observó que la lluvia es una variable que influencia la actividad de vuelo y el comportamiento de los lepidópteros. Se encontró que existe cierta correlación entre la precipitación y la abundancia total con un  $r = 0.67$  (Figura 15a) y la precipitación y la riqueza total con un  $r = 0.58$  (Figura 15b), además de esto se evidenció una disminución de la riqueza y la abundancia para los meses de octubre y noviembre con respecto a los otros meses, entre mayo y junio fueron meses que presentaron precipitación reducida y julio y agosto fueron meses de precipitación nula. Una tendencia similar registran Vélez *et al.* (2015) con respecto a la diversidad de mariposas diurnas encontrada en un bosque subandino en Cajibío (Cauca), donde la mayor riqueza y abundancia de lepidópteros fue registrada para los muestreos en época seca.



**Figura 15.** Correlación entre a. Abundancia y b. Riqueza de mariposas diurnas con la precipitación para todos los meses de muestreo

Se encontraron diferencias significativas entre la riqueza de especies entre los sistemas de monocultivo y policultivo ( $t= 1.9415$ ;  $p= 0.05$ ), sugiriendo que la estructura de la vegetación de los cafetales con sombrío diversificado ofrece una mayor cantidad y calidad de recursos para las mariposas, estos resultados son similares a los obtenidos por Pérez (2008), donde al comparar diferentes agroecosistemas cafeteros con distinta composición vegetal en el Corredor

Biológico Volcánica Central-Talamanca en Costa Rica, los cultivos con mayor complejidad vegetal registraron más diversidad en lepidópteros. Resultados similares son registrados por Millán *et al.* (2009), en su estudio sobre la comunidad de lepidópteros diurnos en zonas naturales y sistemas productivos del municipio de Caloto (Cauca, Colombia), reportan que los policultivos de café sostienen una mayor diversidad que los monocultivos de caña de azúcar.

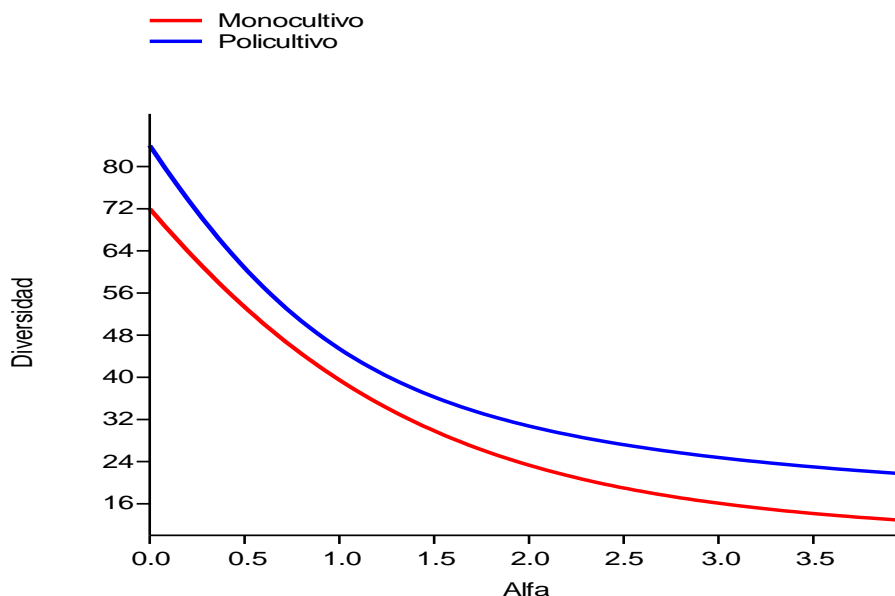
#### 6.4 Número efectivo de especies

Para cada sistema de producción cafetera, se obtuvieron los números efectivos de especies con 3 valores de  $q$ , riqueza  $q=0$ , especies abundantes  $q=1$ , y especies muy abundantes  $q=2$  (Tabla 4). La diferencia existente entre estos tres valores, en cada sistema, indica que las comunidades de mariposas encontradas presentan especies abundantes, así como también especies raras.

**Tabla 4.** Diversidad de especies de mariposas diurnas en números efectivos de especies.

<b>Alfa</b>	<b>Monocultivo</b>	<b>Policultivo</b>
q=0	72	84
q=1	39.5	45.424
q=2	23.329	30.754

Al establecerse estas equivalencias para los dos sistemas evaluados, se obtiene que el policultivo es 1.15 veces más diverso que el monocultivo. Se presenta una diferencia entre los dos sistemas al evaluar la riqueza, las especies efectivas y las más abundantes, siendo dominante el policultivo (Figura 16).



**Figura 16.** Perfil de diversidad alfa para los dos sistemas de producción cafetera

Al comparar las especies efectivas entre cada unidad de muestreo para cada sistema de producción de café monocultivo y policultivo, las fincas muestreadas en monocultivo no presentaron diferencias entre ellas, por el contrario, al comparar las fincas de muestreo de policultivo se encontraron algunas diferencias significativas (Tabla 5).

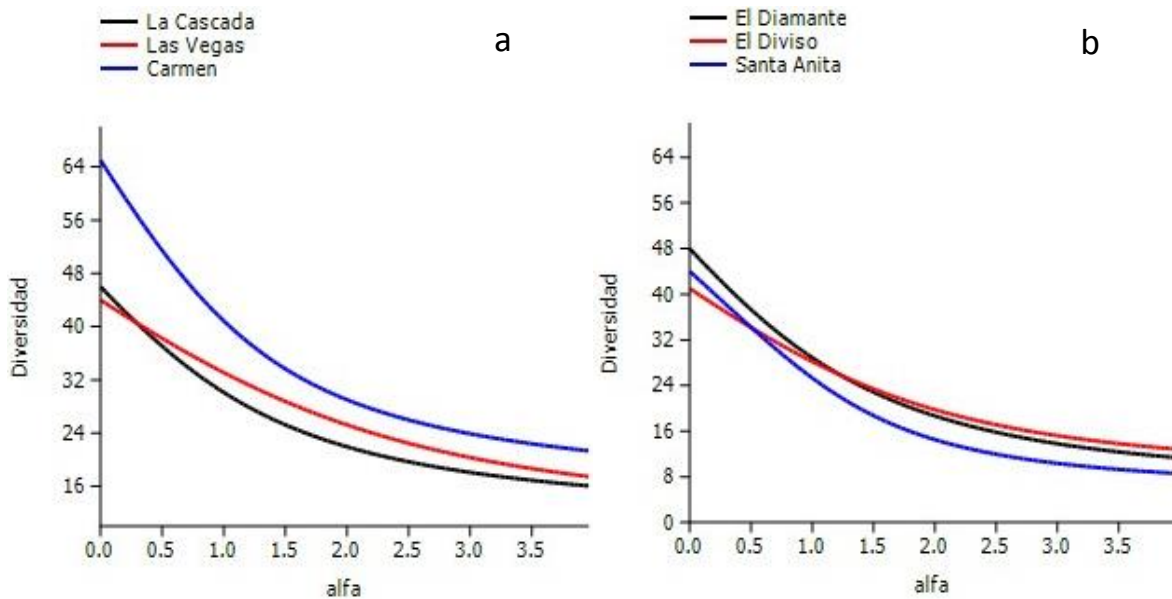
**Tabla 5.** Diversidad de especies de mariposas diurnas en números efectivos de especies para los cafetales

Alfa	Policultivo			Monocultivo		
	La Cascada	Las Vegas	Carmen	El Diamante	El Diviso	Sta. Anita
0	46	44	65	48	41	44
1	30.128	33.112	40.869	28.877	28.214	25.323
2	21.964	25.252	29.028	18.684	19.778	14.527

La finca Carmen presento la mayor riqueza de especies, mientras que entre La Cascada y Las Vegas no hubo diferencia (Figura 17). Además, se obtuvo que



esta unidad es 1,23 veces más diversa que Las Vegas y 1,33 veces más diversa que La Cascada.



**Figura 17.** Perfil de diversidad alfa para cada una de las fincas. a. Monocultivo; b. Policultivo.

A partir de la descripción vegetal que se hizo para cada una de las fincas, se encontró una mayor disponibilidad de flores y frutos dentro de los cafetales en policultivo, incluyendo las floraciones del café que se presentaron durante el estudio. Desde las observaciones, la presencia de flores en los cafetales indica que tanto larvas como adultos están haciendo uso de estos recursos (Muriel & Kattan, 2009).

Con respecto a la dominancia, las diferencias encontradas para este valor entre los sistemas evaluados, se debe a que en el monocultivo se registró una sola especie dominante con una abundancia relativa mucho mayor, que las especies abundantes encontradas en este sistema, mientras que para el policultivo se registró una especie dominante, pero su abundancia relativa es cercana a la de las especies abundantes encontradas en este sistema, además de esto el policultivo presenta una marcada dominancia de especies en comparación con el monocultivo.

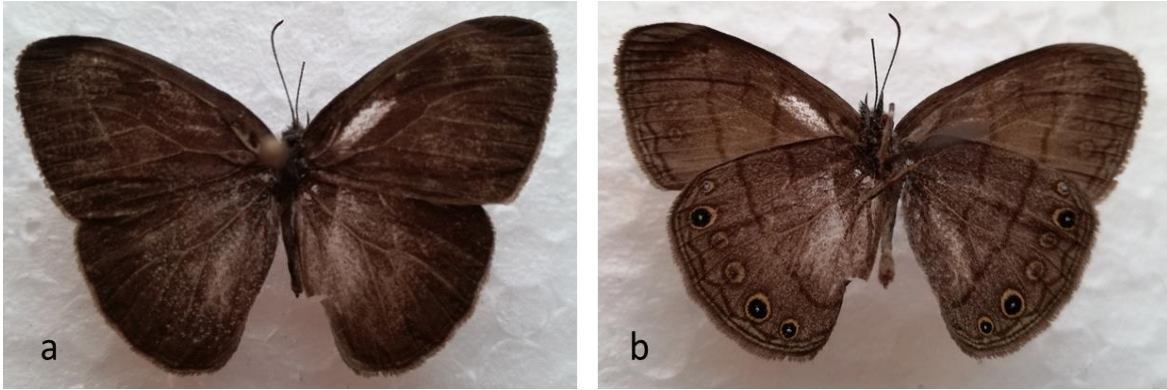
Para el sistema de monocultivo la especie dominante fue *Catonephele numila esite* (Figura 18), aunque esta es una especie reportada para cafetales con sombrío y zonas boscosas (Muyshondt, 1973; Valencia *et al.*, 2005), en este estudio fue

reportada con una mayor abundancia en monocultivos, lo cual puede estar relacionado con que las mariposas están usando los cafetales como corredores biológicos. Esto es consistente con lo registrado por Dolia *et al.* (2008), que concluyeron que las mariposas que se encuentran en bosques aledaños a los sistemas productivos frecuentan los cultivos de café, ya sea por la disponibilidad de plantas hospederas para colocar sus huevos, alimentarse de diferentes fuentes o simplemente son sitios que utilizan como corredores para pasar entre el paisaje heterogéneo. La finca en la que esta especie tuvo el mayor registro presenta un relicto de bosque que limita por un lado el cafetal. Esto evidencia la importancia de mantener pequeños fragmentos de bosque para el mantenimiento de la biodiversidad.



**Figura 18.** *Catonephele numila esite* a. Hembra y b. Macho

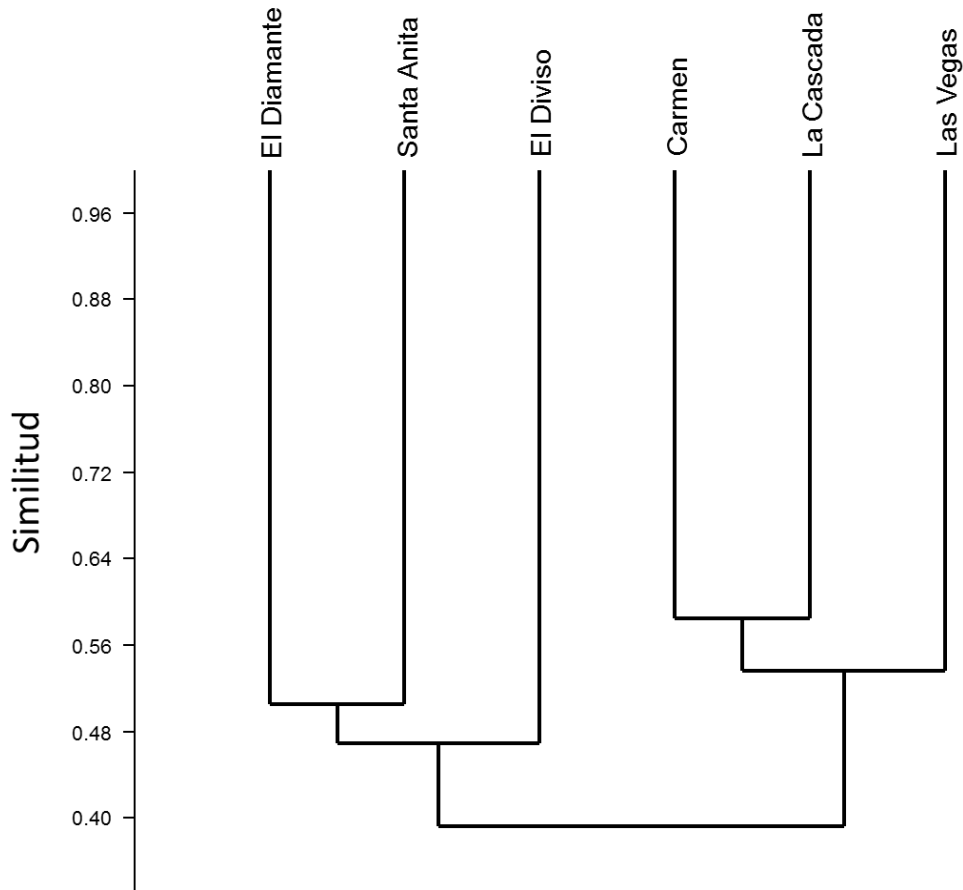
Para el sistema de policultivo la especie dominante fue *Hermeuptychia Hermes* (Figura 19), esta es una especie reportada para bordes de bosque, cultivos con sombrío y también áreas abiertas (Valencia *et al.*, 2005), por lo que la abundancia de esta especie dentro de las unidades de policultivo, se deba probablemente al comportamiento de preferir hábitats al interior de los bosques entre el sotobosque, que les proporcione protección debido a que se confunden con la hojarasca, y frutos en descomposición para alimentarse (Alvarez, 1993).



**Figura 19.** *Hermeuptychia hermes*. a. Cara dorsal; b. Cara ventral

### 6.5 Diversidad Beta

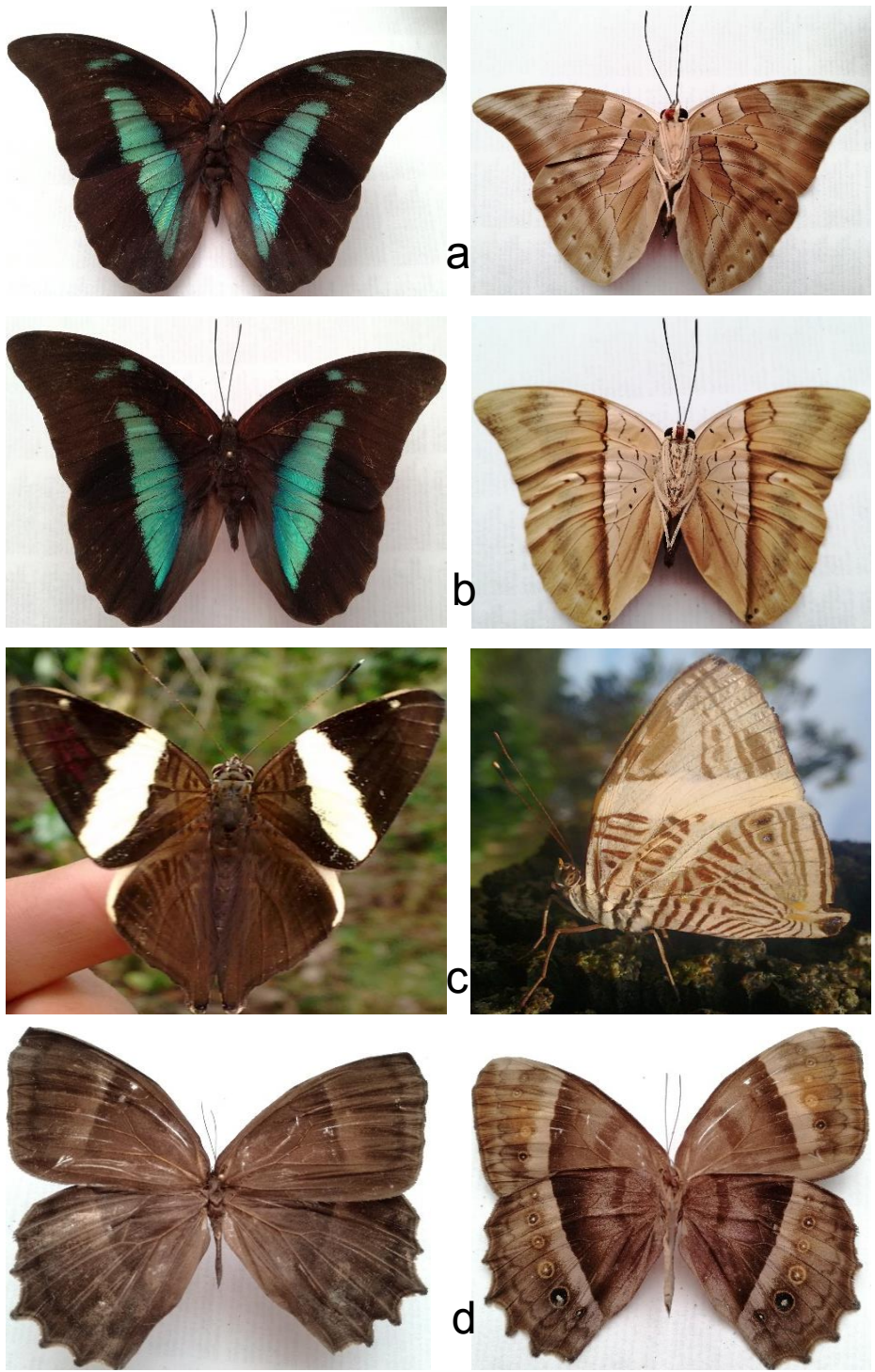
De acuerdo a los índices de Beta obtenidos  $q_0 = 1.32$ ;  $q_1 = 1.23$  y  $q_2 = 1.28$ , el  $q_0 = 0$  sugiere que existen especies dominantes que están siendo compartidas entre los dos sistemas. En total se encontraron 53 especies compartidas entre el policultivo y el monocultivo, de las cuales la mayoría corresponden a la subfamilia Satyrinae con 10 especies, seguida de la subfamilia Pyrginae con 4 especies. En la figura 20 se muestra un dendograma de similitud donde se forman dos grupos, uno de las fincas en monocultivo (El Diamante, Santa Anita y El Diviso) y otro de las fincas en policultivo (Carmen, La Cascada y Nubio), se presenta un grado de similitud entre los dos sistemas de aproximadamente 40%.



**Figura 20.** Análisis de Similitud de Bray Curtis entre las fincas.

Con respecto al  $q=1$ , la disminución que se presenta se debe a que existen especies muy abundantes para un sistema y muy reducidas para el otro. Es el caso de *Catonephele numila esite*, en monocultivo presenta una abundancia de 63 individuos mientras que en el policultivo se registraron tan solo 9 individuos, y *Adelpha* sp. presentó 24 para policultivo y 7 para monocultivo.

Por último, el  $q=2$  presenta un aumento en el intercambio de especies, es decir que existen especies bien representadas, que son abundantes dentro de sus muestras y que, además, posiblemente estén siendo compartidas para ambos sistemas. Esta característica se cumple para especies como *Archaeoprepona demophon muson* (Figura 21a), *Archaeoprepona amphimacus* (Figura 21b), *Colobura dirce* (Figura 21c) y *Taygetis andromeda* (Figura 21d), las cuales registran abundancias para los dos sistemas.



**Figura 21.** a. *Archaeoprepona demophon muson* b. *Archaeoprepona amphimacus* c. *Colobura dirce* d. *Taygetis andromeda*

Para el policultivo se registraron 31 especies exclusivas, dentro de las cuales se encuentra una especie que presenta requerimientos complejos de hábitat,

*Morpho helenor telamon* (Tavera, 2000), y tres especies de la subfamilia Charaxinae, que a pesar de responder favorablemente a las perturbaciones del ecosistema, está registrada principalmente para los relictos de bosque (Valencia *et al.*, 2005), al igual que *Caligo illioneus* la cual es tolerante a diversos tipos de hábitat (Uehara-Prado *et al.*, 2007).

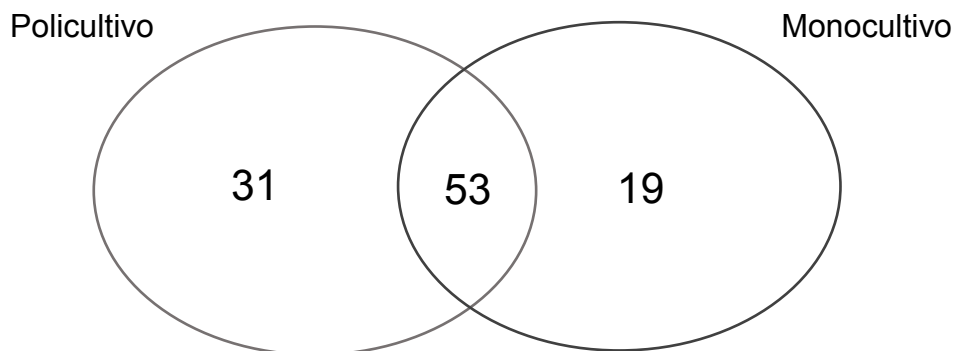
Se registraron también, cuatro especies de la subfamilia Ithomiinae como exclusivas para policultivo, de las seis especies totales encontradas, lo cual indica la preferencia de las especies de esta subfamilia por hábitat cubiertos y con mayor complejidad vegetal y se corrobora con un estudio realizado en agroecosistemas de café en los Andes colombianos que registró un mayor número de mariposas Ithomiini cruzando cafetales sombreados que cafetales soleados y un comportamiento de vuelo contrastante: en cafetales sombreados el vuelo fue pausado y de búsqueda de recursos, mientras que en los soleados el vuelo fue rápido y unidireccional (Muriel & Kattan, 2009).

Muriel *et al.* (2011) afirman que los agroecosistemas de café con sombra asociada son beneficiosos para el mantenimiento de mariposas de la subfamilia Ithomiinae, pero esto no solo depende del tipo de manejo que se le dé al cultivo, sino también de la diversidad de plantas hospederas y el área de vegetación natural presente en las fincas.

En el monocultivo se encontraron 19 especies exclusivas, dentro de las cuales se encuentran dos de la subfamilia Ithomiinae, de las que *Mechanitis menapis occasiva* se sabe que es una especie común y abundante en los agroecosistemas de café sin sombra (Muriel *et al.*, 2011). También se registran especies de las subfamilias Charaxinae y Nymphalinae, que según lo observado en este estudio son grupos que responden favorablemente a las perturbaciones del ecosistema. De la familia Hesperinae se registraron siete especies exclusivas para monocultivo todas reportadas para cafetales a libre exposición y zonas perturbadas (Valencia *et al.*, 2005).

En la figura 22 se muestra la riqueza de especies para cada sistema productivo y las especies que se comparten entre ellos. Entre las especies compartidas se reportan 15 de ellas que tienen abundancias similares o iguales para

ambos sistemas y son especies reportadas tanto para cafetales con sombrío como para cafetales a libre exposición y ecosistemas perturbados. Entre estas se encuentran *Actinote stratonice*, *Heliconius cydno weymeri*, *Rydonia pasibula* y *Tegosa anieta*.



**Figura 22.** Riqueza de especies de mariposas compartidas y exclusivas en los dos sistemas de producción cafetera.

## 7 CONCLUSIONES

Se registraron 925 individuos de mariposas diurnas, pertenecientes a 103 especies, 19 subfamilias y 4 familias: Nymphalidae, Pieridae, Hesperidae y Lycaenidae, en los dos sistemas de producción cafetera.

La diversidad de mariposas diurnas encontradas en los policultivos, 84 especies y 491 individuos, fue mayor a la encontrada en los monocultivos, 71 especies y 434 individuos, con lo cual se logra determinar que los sistemas de café bajo sombra, ejercen un impacto favorable sobre la lepidopterofauna de la zona que presenta matrices altamente contrastantes y puede estar mitigando los efectos negativos que ha tenido la fragmentación de los bosques naturales de la zona.

La composición vegetal en los cultivos es un factor que determina el mantenimiento de diversidad de especies de mariposas diurnas, ya que brinda refugio y recursos como flores y frutos para los adultos, y plantas hospederas para los estadios inmaduros.

El sistema de policultivo presenta características importantes como fuente de recursos y hábitat para las especies de mariposas.

Los sistemas en monocultivo son una de las principales causas de la pérdida de ecosistemas naturales, pero, la presencia de ciertas especies como *Catonephele numilia esite*, *Colobura dirce*, *Rydonia pasibula* y especies del género *Archaeoprepona*, que están reportadas como especies en cafetales con sombrío, sugiere que la cercanía de los monocultivos de café a fragmentos de bosque natural, influencia su presencia, pues proporciona refugio y recursos para estas especies.



## **8 RECOMENDACIONES**

Dado lo anterior, es importante generar planes de conservación y restauración para los pequeños fragmentos de bosque que quedan en la zona y la implementación de cafetales con sombrío diversificado para permitir el movimiento de las especies de mariposas entre el paisaje heterogéneo.

## 9 BIBLIOGRAFIA

Abós, F. P. (2002). El Pluricultivo y la presencia de margenes mantienen la diversidad biológica en los agroecosistemas. *Ecología*, 16, 273-285.

Alcaldía de Popayán-Cauca. (2009). Recuperado a partir de [popayan-cauca.gov.co/faq.shtml?apc=l-xx-1372872&x=1364740](http://popayan-cauca.gov.co/faq.shtml?apc=l-xx-1372872&x=1364740)

Altieri, M. A. (2002). Agroecology: the science of natural resource management 5 for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93(1-3), 1-24. [https://doi.org/http://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00085-3](https://doi.org/http://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00085-3)

Alvarez, J. (1993). Inventario de las mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera), con anotaciones ecológicas, para dos zonas del departamento de Risaralda, Colombia. Universidad Nacional. p. 204.

Andrade-C., M. G. (1991). Una nueva especie Cisiia (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae), para Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 18(69), 265-268. <https://doi.org/https://doi.org/10.18257/issn.0370-3908>

Andrade-C., M. G. (2002). Biodiversidad de las mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) de Colombia. En C. Costa, S. A. Vanin, J. M. Lobo, & A. Melic (Eds.), *Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática* (Vol. 2, pp. 153-172).

Arias, J. J., & Huertas, B. (2001). Mariposas diurnas de la Serranía de los Churumbelos, Cauca. Distribucion altitudinal y diversidad de especies (Lepidoptera: Rhopalocera: Papilionoidea). *Revista Colombiana de Entomología*, 27(3-4), 169-176.

Beer, J., Muschler, R., Kass, D., & Somarriba, E. (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 38, 139-164.

<https://doi.org/10.1023/A:1005956528316>

Bonebrake, T. C., Ponisio, L. C., Boggs, C. L., & Ehrlich, P. R. (2010). More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation*, 143(8), 1831-1841. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.044>

Brown, K. S., & Freitas, A. V. L. (2000). Atlantic forest butterflies: Indicators for landscape conservation. *Biotropica*, 32(4B), 934-956. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00631.x>

Brown, K. S., & Hutchings, R. W. (1997). Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in amazonian forest butterflies. *Tropical Forest Remnants - Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*, 1(7), 91-110. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Caballero, D. V. (2009). Diversidad de la familia Nymphalidae (Lepidoptera) en los remanentes de bosque en los cañones de los ríos Chicamocha, Suárez y Sogamoso (Santander, Colombia). Universidad Industrial de Santander. p. 59.

Camero, E., & Calderon, A. (2007). Comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en un gradiente altitudinal del cañón del Río Cobeima-Tolima, Colombia. *Acta biológica Colombiana*, 12(2), 95-110.

Cardona-Calle, D. A., & Sadeghian-Kh, S. (2005). Beneficios del sombrío de guamo en suelos cafeteros. *Avances Técnicos - Cenicafé*. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Collette, L., Jiménez, J., & Azzu, N. (2007). La biodiversidad agrícola, contexto internacional, definición y servicios ecológicos - ejemplos de América Central. *La importancia de la biodiversidad agrícola para la seguridad alimentaria , la nutrición y la calidad de vida en América Central - Proyecto FNPP Centroamérica*.

Colwell, R. K. (2013). User's guide to the richness estimator program, EstimateS. Version 9.1.

Coral-Acosta, N. (2015). Diversidad del ensamblaje de mariposas dirunas (Lepidoptera: Papilionoidea) en un cafetal con sombrío y un fragmento de bosque seco tropical (Bs-T) en la región del chicamocha (Santander, Colombia). Pontificia Universidad Javeriana. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Correa, C. (1992). El desarrollo de la caficultura en el Cauca. *Ensayos sobre economía cafetera*, 7, 133-147. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0214-4603\(91\)75510-1](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0214-4603(91)75510-1)

Dalgaard, T., Hutchings, N. J., & Porter, J. R. (2003). Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100, 1-43. [https://doi.org/http://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00152-X](https://doi.org/http://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00152-X)

De Vries, P. J. (1988). Stratification of fruit-feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 26(1-4), 98-108.

DeVries, P. J. (1987). The butterflies of Costa Rica and their natural history. Vol I: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. *The Journal of Research on the Lepidoptera*, 24(4), 290-333.

DeVries, P. J., Walla, T. R., & Greeney, H. F. (1999). Species diversity in spatial and temporal dimensions of fruit-feeding butterflies from two Ecuadorian rainforests. *Biological Journal of the Linnean Society*, 68(3), 333-353. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1999.tb01175.x>

Dolia, J., Devy, M. S., Aravind, N. A., & Kumar, A. (2008). Adult butterfly communities in coffee plantations around a protected area in the Western Ghats, India. *Animal Conservation*, 11, 26-34. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2007.00143.x>

Escobar, G. (2007). El sombrío en los cafetales: un sistema, una estrategia para la seguridad alimentaria. En *Concurso RedSan 2007* (pp. 258-296).

Ewers, R. M., & Didham, R. K. (2005). Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biol. Rev.* (2006), 81, 117–142.

Faminow, M. D., & Rodriguez, E. A. (2001). Biodiversity of flora and fauna in shaded coffee systems. *Report prepared for the Commission for Environmental Cooperation*. Lima, Perú. p. 43.

Florian-Rivero, E. M. (2005). Tropical bird assemblages in coffee agroforestry systems: exploring the relationships between landscape context, structural complexity and bird communities in the Turrialba-Jiménez biological corridor, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p.87.

FNC, (Federacion Nacional de Cafeteros). (2014). Área Cultivada Según Tecnificación por Departamento - Anual Desde 2007. Recuperado 16 de diciembre de 2015, a partir de [https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Area\\_cultivada\\_tecnificacion.xls](https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Area_cultivada_tecnificacion.xls)

García, J. F. (2013). Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del Centro de Investigacion Nataima (Tolima, Colombia). *Scientia Agroalimentaria*, 1, 11-18.

García-Pérez, J. F., & Ospina-López, L. A. (2004). Lepidoptera: Rhopalocera: diversidad y distribución en la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia). Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima. p. 405.

Ghersa, C. M., & Martinez-Ghersa, M. A. (1991). Cambios ecologicos en los agroecosistemas de la Pampa Ondulada. Efectos en la introduccion de la Soja. *Ciencia e Investigación*, 5, 182-188.

Gomez, A., & Rivera, H. (1987). Descripción de malezas en plantaciones de café (Cenicafé). Chinchiná, Caldas, Colombia. p. 481.

Greenberg, R., Bichier, P., & Sterling, J. (1997). Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 29(4), 501-514. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1997.tb00044.x>

Halffter, G. (1995). ¿Qué es la biodiversidad? *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 62, 5-14. Recuperado a partir de <http://www.raco.cat/index.php/ButlletilCHN/article/view/233324>

Harvey, C. a, Medina, A., Sánchez, D. M., Vílchez, S., Hernández, B., Saenz, J. C., Maes, J. M., Casanoves, F. & Sinclair, F. L. (2006). Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America*, 16(5), 1986-1999. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[1986:POADID\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[1986:POADID]2.0.CO;2)

Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology (Revised Ed). Tropical Science Center. p. 206.

Horner-Devine, M. C., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., & Boggs, C. L. (2003). Countryside biogeography of tropical butterflies. *Conservation Biology*, 17(1), 168-177. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01310.x>

Jiménez, J. J., Collette, L., & Azzu, N. (2007). La biodiversidad agrícola para la seguridad alimentaria, la nutrición y la calidad de vida. Nicaragua: FAO. Consultado el 7 de enero de 2017.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>

Koh, L. P., & Gardner, T. a. (2010). Conservation in human-modified landscapes. En N. S. Sodhi & P. R. Ehrlich (Eds.), *Conservation Biology for All* (pp. 236-260). New York: Oxford University Press.

Le Crom, J. F., Constantino, L. M., & Salazar, J. A. (2002). Mariposas de Colombia. Tomo I: Papilionidae. Bogotá D.C.: Carlec Ltda. p. 108.

Le Crom, J. F., Llorente, J., Constantino, L. M., & Salazar, J. A. (2004). Mariposas de Colombia. Tomo II: Pieridae. Bogotá D.C.: Carlec Ltda. p. 133

Macip-Rios, R., & Casas-Andreu, G. (2008). Los cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles. *Acta Zoologica Mexicana*, 24(2), 143-159. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57524210>>

Marchiori, M. O., & Romanowski, H. P. (2006). Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera, Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga forest at Itapuã State Park, Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(2), 443-454. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752006000200019>

Mas, A. H., & Dietsch, T. V. (2004). Linking shade coffee certification to biodiversity conservation: butterflies and birds in Chiapas, México. *Ecological Applications*, 14(3), 642-654. <https://doi.org/10.1890/02-5225>

Meehan, T. D., Glassberg, J., & Gratton, C. (2012). Butterfly community structure and landscape composition in agricultural landscapes of the central United States. *Journal of Insect Conservation*, 17(2), 411-419. <https://doi.org/10.1007/s10841-012-9523-y>

Milder, J. C., DeClerck, F. A. J., Sanfioenzo, A., Sánchez, D. M., Tobar, D. E., & Zuckerberg, B. (2010). Effects of farm and landscape management on bird and

butterfly conservation in western Honduras. *Ecosphere*, 1(1), art2.  
<https://doi.org/10.1890/ES10-00003.1>

Millán-J, C., Chacón, P., & Giraldo, A. (2009). Estudio de la comunidad de lepidópteros diurnos en zonas naturales y sistemas productivos del municipio de Caloto (Cauca, Colombia). *Boletín científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 13(1), 185-195.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1994). Política nacional de biodiversidad, 34.

Moguel, P., & Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1), 11-21.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T - Manuales y Tesis SEA*, 1, 84. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103709>

Moreno, C. E., Barragan, F., Pineda, E., & Numa, P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1249-1261.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Munyuli, M. B. T. (2012). Butterfly diversity from farmlands of central Uganda. *Psyche*, 2012, 23. p. 23 <https://doi.org/10.1155/2012/481509>

Muriel, S. B., & Kattan, G. H. (2009). Effects of patch size and type of coffee matrix on ithomiine butterfly diversity and dispersal in cloud-forest fragments. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology*, 23(4), 948-56.  
<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01213.x>

Muriel, S. B., Montoya, J., Restrepo, A., & Muñoz, J. (2011). Nuevos registros de plantas hospederas y disponibilidad de recursos para mariposas Ithomiini



(Lepidoptera: Nymphalidae: Danainae), en agroecosistemas. *Actualidades Biológicas*, 33(95), 275-285.  
<https://doi.org/https://doaj.org/article/fd432f7251d74578aae1e4ec0b4da91f>

Muyshondt, A. (1973). Notes on the life cycle and natural history of butterflies of El Salvador I A. *Catonephele numilia esite* (Nymphalidae-Catonephelinae). *Journal of the New York Entomological Society*, 81(3), 164-174. JOUR.

Myers, N., Mittermeier, R. a, Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. a, & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-8.  
<https://doi.org/10.1038/35002501>

O'Brien, T. G., & Kinnaird, M. F. (2003). Conservation: Caffeine and conservation. *Science*, 300(5619), 587-587. <https://doi.org/10.1126/science.1082328>

Observatorio de agentes polinizadores (APOLO). (2013). *Polinizadores y biodiversidad*.

Palacios, M., & Constantino, L. M. (2006). Diversidad de Lepidópteros Rhopalocera en un gradiente altitudinal en la Reserva Natural El Pangan, Nariño, Colombia. *Boletín científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 10, 258-278.

Peña, J. M. (s. f.). Lepidopteros diurnos. Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca mayor del río Saldaña (subcuenca Anamichú) - Biodiversidad Regional Fase IV. Ibagué, Colombia.

Pérez, O. (2008). Evaluación de la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en sistemas agroforestales modernos con café en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica.

Perfecto, I., Armbrrecht, I., Philpott, S. M., Soto-Pinto, L., & Dietsch, T. V. (2007).

Shaded Coffee and the Stability of Rainforest Margins in Northern Latin America. En Teja Tschardt, C. Leuschner, M. Zeller, E. Guhardja, & A. Bidin (Eds.), *Stability of Tropical Rainforest Margins: Linking Ecological, Economic and Social Constraints of Land Use and Conservation* (pp. 227-263). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-30290-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-540-30290-2_12)

Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodivers Conserv*, 12(6), 1239-1252. <https://doi.org/10.1023/a:1023039921916>

Perfecto, I., Rice, R., Greenberg, R., & Voort, M. E. Van de. (1996). Shade Coffe: A disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 46 No. 8, 598-608. <https://doi.org/10.2307/1312989>

Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2016). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>

Primack, R. B., Rozzi, P., Feinsinger, R. D., & Massardo, F. (2001). Fundamentos de conservación. Perspectivas Latinoamericanas (1.<sup>a</sup> ed.). Mexico: Fondo de Cultura Economica. p. 797.

Restrepo, L. R., Ulloa, P. C. D. E., & Constantino, L. M. (2007). Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1), 54-63.

Revilla, E., Wiegand, T., Palomares, F., Ferreras, Delibes, M. (2004). Effects of matrix heterogeneity on animal dispersal: from individual behavior to metapopulation-level parameters. *The American Naturalist*, 164(5), E130-E153. <https://doi.org/10.1086/424767>

Rice, R. A., & Ward, J. R. (1996). Coffee, conservation, and commerce in the western hemisphere: How individuals and institutions can promote ecologically sound farming and forest management in northern Latin America. p. 40.

Rodriguez, C., Suarez, C., & Luque, E. (1996). The genus *Morpho* in Colombia III : Biology and ecology of the species. *Agronomia Colombiana*, 13(2), 107-116. <https://doi.org/10.15446/agron.13.2.2357-3732> 0120-9965

Rojas Sánchez, Á., 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*, 16(30), 93-104.

Sarandón, S. J. (2002). El agroecosistema : un sistema natural modificado. En S. J. Sarandón (Ed.), *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable* (p. 547). La Plata, Argentina: Ediciones Cientificas Americanas.

Schmidt, B. C., & Roland, J. (2006). Moth diversity in a fragmented habitat: importance of functional groups and landscape scale in the boreal forest. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(6), 1110-1120. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2006\)99\[1110:MDIAFH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2006)99[1110:MDIAFH]2.0.CO;2)

Somarriba, E., Harvey, C. A., Samper, M., Anthony, F., Gonzáles, J., Staver, C., & Rice, R. A. (2004). Biodiversity conservation in neotropical coffee (*Coffea arabica*) plantations. En G. Schroth, G. A. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos, & A.-M. N. Izac (Eds.), *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes* (pp. 198-226). Washington DC.: Island Press.

Soriano, A., & Aguiar, M. R. (1998). Estructura y funcionamiento de agroecosistemas. *Ciencia e Investigación*, 50, 63-74.

Summerville, K., Metzler, E., & Crist, T. (2001). Diversity of Lepidoptera in Ohio

forests at local and regional scales: how heterogeneous is the fauna? *Annals of the Entomological Society of America*, Vol 94, 583-591.  
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1603/0013-8746\(2001\)094\[0583:DOLIOF\]2.0.CO;2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1603/0013-8746(2001)094[0583:DOLIOF]2.0.CO;2)

Tavera, S. (2000). Efecto de borde en la estructura y composición de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) de bosque andino en el sector occidental de la Sabana de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Tobar-L, D., Rangel-ch, J. O., & Andrade-C, G. (2002). Diversidad de mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) en la parte alta de al cuenca del Río El Roble (Quindío-Colombia). *Caldasia*, 24(2), 393-409.  
<https://doi.org/http://www.jstor.org/stable/23641597>

Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2004). An Introduction to the Study of Insects (7.<sup>a</sup> ed.). Belmont, CA.: Thomson Brooks/Cole. p. 864.

Uehara-Prado, M., Brown, K. S., & Freitas, A. V. L. (2007). Species richness, composition and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: Comparison between a fragmented and a continuous landscape. *Global Ecology and Biogeography*, 16(1), 43-54. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2006.00267.x>

Valencia, C. A., Gil, Z. N., & Constantino, L. M. (2005). Mariposas diurnas de la Zona Central Cafetera Colombiana. Guia de campo. p. 244.

Vélez, D., Gallego, M., & Riascos, Y. (2015). Diversidad De Mariposas Diurnas (Insecta: Lepidóptera) De Un Bosque Subandino, Cajibío, Cauca. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 19(1), 263-285.  
<https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.1.20>

Villarreal, H., Álvarez, M., Gast, F., Umaña, A. M., Mendoza, H., Córdoba, S., ... Ospina, M. (2004). Manual De Métodos Para El Desarrollo De Inventarios De Biodiversidad. *Programa Inventarios de Biodiversidad; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*, 336.