

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la
vegetación en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

**Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima**

Ana Camila Venegas Rodríguez

Universidad El Bosque

Facultad Ciencias

Programa de Biología

Bogotá D.C., 2022

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la
vegetación en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

**Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima**

Ana Camila Venegas Rodríguez
Trabajo de grado presentado para optar al título de Bióloga

Director

Daniel Castillo Velandia
M Sc. Ciencias
Biológicas

Codirector

Fredy Palacino Rodríguez
Estudiante de Doctorado en Ciencias Biológicas

Asesora estadística

Dra. Maya Rocha Ortega

Universidad El Bosque

Facultad Ciencias

Programa de Biología

Bogotá D.C., 2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, Agradezco al señor Danilo Gutiérrez Moledoux por sus conocimientos y por darnos paso a desarrollar este trabajo, en la bella Reserva Agroecológica Santa Librada, a la señora Sandra por sus cuidados y atenciones, de igual manera a sus vecinos, el señor Humberto, el señor Ramiro y especialmente a la señora Rubiela León por abrirnos paso en sus hogares durante la fase de campo del proyecto.

Agradezco a mi familia por apoyarme en el desarrollo de la carrera desde el principio y en todo momento. También, agradecimientos a mi director Daniel Castillo Velandia, a mi codirector Fredy Palacino Rodríguez, por su apoyo, paciencia, y orientación a lo largo de este proceso.

Agradezco también por su labor, sabiduría y soporte en el análisis estadístico a la Dra. Maya Rocha Ortega, por su apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

Agradezco también a mis compañeros por darme ánimos en especial en momentos de incertidumbre, en especial a mi compañera Laura Mendoza y Jhon Jaramillo por sus aportes y acompañamiento en este proceso.

Finalmente, gracias a la Universidad El Bosque, el Programa de Biología y el laboratorio INBIBO por dar el espacio necesario para culminar el desarrollo de este trabajo de investigación.

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la
vegetación en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

NOTA DE SALVEDAD

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946: “La Universidad El Bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por el investigador en su trabajo, solo velará por el vigor científico, metodológico y ético en aras de la búsqueda de la verdad”.

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la
vegetación en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

DEDICATORIA

A mi familia y amigos por conservar su fe en mis capacidades durante el desarrollo de la carrera
y la realización del proyecto.

Contenido

1.Introducción	13
2.Marco de referencia.....	15
2.1. Antecedentes.....	15
2.2. Servicios ecosistémicos	15
2.3.Sistemas agroforestales.....	16
2.4. Clase Insecta	17
2.5.Técnicas de muestreo.....	17
2.6. Diversidad, abundancia y riqueza.....	18
2.7.Características de la vegetación	18
2.8. Conservación y amenazas	18
3. Pregunta de Investigación	20
4. Justificación	21
5. Objetivos.....	22
5.1. Objetivo general.....	22
5.2. Objetivos Específicos.....	22
6. Método.....	23
6.1. Área de Estudio	23
6.2. Registro de datos	24
6.2.1. Registro de características de la vegetación	25
6.2.2. Cobertura de dosel	25
6.2.3. Altura de la vegetación	27
6.2.4. Diámetro al nivel del pecho.....	27
6.2.5. Registro de datos insectos.....	27
6.2.6. Identificación de morfoespecies.....	30
6.3. Análisis estadístico.....	31
6.3.1. Índice de dominancia y diversidad de Simpson	32

6.3.2. Índice de similitud de Jaccard	32
6.3.3. Perfil de diversidad y curvas de acumulación de especies.....	33
6.3.4. Modelos lineales generalizados	33
6.3.5. Prueba Post-Hoc de Tukey.....	34
7. Resultados	35
7.1. Diversidad de plantas	35
7.2. Diversidad de insectos	36
7.2.1. Curvas de acumulación de especies.....	37
7.2.2. Índices de Diversidad	38
7.2.3. Modelos Lineales generalizados	40
7.2.4. Prueba Post-Hoc de Tukey	40
8. Análisis y discusión	42
8.1. Cobertura Baja	42
8.2. Cobertura Media	43
8.3. Cobertura Alta	44
8.4. Efecto de la cobertura en la diversidad y riqueza de insectos	44
9. Conclusiones	50
10. Bibliografía	51
11. Anexos	62

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación de la Reserva Agroforestal Santa Librada, vereda la Honda, Líbano, Tolima, Colombia.....	2
Figura 2. Recuperado de GLOBE (2005) a) Medición cobertura de vegetación b) Medición circunferencia del árbol.....	24
Figura 3. Densímetro de fabricación casera. Recuperado de GLOBE (2005)	25
Figura 4. Croquis para registro de cobertura vegetal.....	28
Figura 5. Pases dobles con jama, cada flecha indica la dirección del barrido por cada transecto de 20x5m.....	29
Figura 6. Observación de caracteres morfológicos en campo para clasificación de morfoespecies.....	29
Figura 7. a) Barrido con red entomológica b) Vista interior c) Vista exterior y d) Marcaje dentro del envase cilíndrico usado para marcar los insectos.	30
Figura 8 . a) Insecto observado en estereoscopio Nikon® SMZ44 b- c) Trabajo de curatoria en MUB.....	31
Figura 9. Características morfológicas para la diferenciación de “morfoespecies” de Insecta. Recuperado de Jaramillo, 2022	32
10. Morfoespecies por orden de vegetación en la Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia	36
Figura 11. Familias por orden de la clase Insecta en la Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia.....	37
Figura 12. Riqueza de morfoespecies por cada orden de la clase Insecta en la Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia	38

Figura 13. Perfil de diversidad de insectos en tres coberturas de vegetación, en Reserva
Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia 38

Figura 14. Curvas de a) muestreo de rarefacción y extrapolación basada en el tamaño de la
muestra b) completitud de la muestra c) muestreo de rarefacción y extrapolación basada en la
cobertura..... 40

Figura 15. Abundancia de insectos vs Riqueza de plantas, punto morado referencia a la Cob_2,
punto naranja a Cob_1 y punto verde a Cob_2..... 42

Lista de tablas y anexos

Tabla 1. Rangos de medidas de características de la vegetación por tipo de área de muestreo.	26
Tabla 2. Índices de diversidad por cobertura de vegetación	39
Tabla 3. Índice de diversidad de Jaccard	40
Anexo 1. Abundancias por morfoespecies de insectos en la Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia.	63
Anexo 2. Morfoespecies de insectos en la Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia.	73
Anexo 3. Resultados en Rstudios de modelos lineales generalizados para correlación de riqueza y abundancia de insectos por cobertura vegetal.	76
Anexo 4. Pruebas Post-Hoc en software R Studios para comparación de medidas de riqueza y abundancia de insectos en función de cobertura vegetal	77

Resumen

La composición vegetal, dentro de un ecosistema, brinda diferentes microhábitats para sustentar diversos tipos de organismos, cuya presencia permite indicar la salud y los posibles servicios ecosistémicos que este provee, tales como la calidad de agua y aire, procesos de polinización y dispersión, control de plagas y enfermedades, entre otros. Por consiguiente, este estudio propone reconocer la relación entre insectos y características de la vegetación, a partir de estimaciones y comparaciones entre la diversidad de insectos en tres sitios con características diferentes de la vegetación, tanto en parches de bosque secundario y cultivos, a través de la identificación de los organismos observados y marcados, cada sitio fue delimitado por diferentes porcentajes cobertura vegetal, altura de dosel y diámetro al nivel del pecho dentro de un sistema agroecológico en proceso de recuperación desde hace 50 años, en una reserva agroecológica, donde se encontró principalmente que la cobertura de dosel tiene una influencia significativa sobre la riqueza y abundancia de insectos dentro de los sistemas agroforestales.

Palabras Clave: Entomofauna, Artrópodos, Neotrópico, Área protegida, Colombia

ABSTRACT

The plant composition, within an ecosystem, provides different microhabitats to sustain various types of organisms, whose presence allows indicating the health and possible ecosystem services that it provides, such as the quality of water and air, pollination and dispersion processes, control pests and diseases, among others. Therefore, this study proposes to recognize the relationship between insects and vegetation characteristics, based on estimates and comparisons between the diversity of insects in three sites with different vegetation characteristics, both in patches of secondary forest and crops, through the identification of the organisms observed and marked, each site was delimited by different percentages of vegetation cover, canopy height, and diameter at chest level within an agroecological system in the process of recovery for 50 years, in an agroecological reserve, where found mainly that canopy cover has a significant influence on the richness and abundance of insects within agroforestry systems.

Key words: Entomofauna, Arthropods, Neotropics, Protected areas, Colombia

1 Introducción

Los insectos son un grupo de organismos abundantes del cual tenemos un conocimiento poco desarrollado. Sabemos este grupo de organismos es diverso y desempeñan diferentes tipos de funciones dentro de procesos ecológicos, es decir, son un componente esencial para el funcionamiento y mantenimiento estructural de los ecosistemas (Luna, 2005). Al mismo tiempo los insectos, no están exentos a procesos estocásticos que impliquen cambios en el paisaje, como la fragmentación o transformaciones en la composición del medio, procesos que consecuentemente pueden alterar su permanencia, función o incluso disminuir las posibilidades de enfrentar eventos de extinción (Avendaño, 2015).

Generalmente el número de especies de insectos está soportado por la variedad de especies arbóreas tropicales. Dado que gran parte de estos insectos son herbívoros, el identificar las características de las plantas relacionadas con el número de insectos y posibles eventos históricos evolutivos son esencial para comprender cómo la relaciones planta- insecto dan configuración a los ecosistemas y mantienen la diversidad dentro de estos (Basset & Novotny, 1999). En el contexto internacional, tanto Norteamérica como Europa han documentado la constante disminución de diversidad de insectos en los países templados, sugiriendo la posible extinción del 40% de especies de insectos, lo que ha generado preocupación ya que estos organismos son un componente central que garantiza la seguridad alimentaria a nivel mundial, al mismo tiempo, debido a la alta diversidad de este grupo de organismos existen múltiples limitaciones de conocimiento científico para garantizar su protección (Basset & Lamarre, 2019).

El identificar la presencia y abundancia de artrópodos, permiten indicar ciertas condiciones ambientales, dado se han identificado que ciertos grupos de organismos están asociados a variables establecidas como rangos altitudinales, grado de mineralización del agua, pH, variedad de la diversidad de especies vegetales, entre otras variables ambientales, por lo que algunos taxones a nivel familia o

género de insectos son utilizados como bioindicadores, es decir, como una medida sustituta indirecta sobre el estado de un ecosistema (Didham et al, 2012). Estudios sobre la modificación de la vegetación raparía por el cambio de uso de la tierra, han demostrado pueden generar alteraciones significativas en la distribución y dispersión de insectos de manera horizontal y vertical en el componente vegetal, además de afectar el desarrollo de los estadios larvales y maduración, el éxito reproductivo, provocando el declive de poblaciones de artrópodos (Bassel & Lamarre,2019).

La reserva agroecológica Santa Librada, hace 50 años era un territorio de cultivo de cacao, café y pastoreo, desde entonces se encuentra en proceso de recuperación y reforestación. Hoy en día, la reserva cuenta con un sistema agroecológico, con bosques secundarios en proceso de transformación del cual se han inventariado hasta 500 especies vegetales y animales, además, integra un sistema de producción agropecuario, promueve el cuidado de los recursos naturales, investigación y educación sobre la flora y fauna nativa (D, Gutiérrez, com. pers). Dadas las condiciones físicas y bióticas, de la mano de la creciente preocupación por la conservación e investigación para la protección de artrópodos, surge el interés y necesidad por ejercer investigación sobre la diversidad de insectos respecto a la composición vegetal dentro del sistema agroecológico de la reserva.

2 **Marco de referencia**

2.1 *Antecedentes*

En el municipio del Líbano se ha reconocido a la reserva agroforestal santa librada como un modelo para la conservación y restauración ecológica, que promueve la educación ambiental, implementa el ecoturismo y ha dado paso a la investigación científica sobre la biodiversidad que alberga en el bosque secundario que se encuentra en estado de sucesión de desde hace 50 años, y que se ha recuperado cuando inicialmente el territorio se ocupaba para la producción de *cacao, café con sombrero y algunos pastizales*. Este proceso ha demostrado y confirmado que se puede desarrollar actividades agropecuarias al tiempo que se ve por el bien de los recursos naturales. Actualmente, se ha encontrado que la reserva cuenta con aproximadamente 500 especies de fauna y flora reportadas, al tiempo que se realizan estudios sobre la fauna de aves, insectos, quirópteros, entre otros grupos, que están en el proceso de ser publicados (D. Gutiérrez, com. pers.; Mendoza, 2021).

2.2 *Servicios ecosistémicos*

La Evaluación de Ecosistemas de Milenio (2005), ha resaltado que el bienestar humano depende de los servicios que ofrecen diversos ecosistemas, que a su vez dependen de las funciones y estructura que surge de las interacciones que se dan desde la biodiversidad que los componen; La evaluación del milenio, tiene como premisa básica que las personas dependemos de la naturaleza y de los servicios de los ecosistemas para alcanzar y mantener el bienestar junto con la calidad de vida del hombre en el presente y el futuro, por lo tanto, es imperativo reconocer la dependencia de la humanidad hacia la naturaleza. El panel de evaluación describe entonces a cuatro grupos de servicios provenientes de los ecosistemas: soporte (ciclo de nutrición, formación del suelo), abastecimiento (alimento, agua potable, madera, tejidos, etc.), regulación: disfrute de un clima favorable, purificación de agua, etc.), y culturales (valores recreativos, científicos, educativos, estéticos, de enriquecimiento espiritual, etc.) (Martín, Gómez y Montes, 2009).

2.3 *Sistemas agroforestales*

Dentro de los sistemas agroecológicos, el suelo es ocupado por especies arbóreas leñosas junto con cultivos agrícolas o actividades pecuarias, cuyo resultado implica numerosas interacciones ecológicas y económicas (Aguilar & Ramírez, 2015). La manera en la que son implementados generan un efecto contrario a la simplificación que suele surgir en las prácticas de cultivo convencionales, cuyo impacto puede ser negativo dado influye en la limitación de la variedad de fuentes alimentarias que sostienen la redes tróficas naturalmente dentro de un ecosistema, reduciendo los procesos y funciones que dan soporte a su estructura (Duarte & López, 2020), al reducir la diversidad de vegetación, aumenta el riesgo de atraer plagas especialistas en el consumo del producto primario de la siembra, afectando la calidad y rendimiento del cultivo, es por ello que las prácticas agroforestales surgen como una ciencia, que modela prácticas sostenibles con gran variedad de beneficios como minimizar las salidas de agua, materia orgánica, aire y energía solar para conservar la fertilidad, proteger los suelos, y favorecer la biodiversidad del sistema al aumentar las interacciones benéficas entre los organismos vivos, permitiendo que exista una autorregulación de las poblaciones o infecciones y el flujo de energía (Altierti, 2001; Chavarría & Martínez, 2017).

Los cultivos de sombra son un modelo de la agroecología, donde se agregan especies que proveen de sombra, la cual genera cambios en diferentes parámetros ambientales, de manera que alteran o proveen de diversos microclimas al sistema productivo, dichos cambios se han visto reflejados o descritos en la modificación de la cantidad radiación solar que ingresa, en la temperatura, humedad, disponibilidad de agua en el aire y el suelo, reducción en el impacto de la lluvia y disminución de la tasa de evaporación del agua según el efecto del cierre de dosel sobre el cultivo, este ha sido un fenómeno ampliamente estudiado en los cafetales (Acuña, 2016; Farfán, 2019).

El bosque secundario dentro de la reserva es de gran importancia para la restauración ecológica de los suelos y bosques tropicales, degradado por las practicas convencionales e invasivas de la agricultura

convencional, como los son los monocultivos, el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos (Cardozo & Rios, 2004; Harvey et al., 2006), además permiten el desplazamiento y la plasticidad de las dinámicas e interacciones de la diversidad de fauna y flora (Lozano-Zambrano, 2009; Korpela et al., 2014).

2.4 *Clase Insecta*

En Colombia la clase Insecta es considerada un grupo de megadiverso, dentro de este grupo los órdenes con mayor representatividad son Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera y Diptera, los cuales son considerados órdenes hiperdiversos, pues presentan la mayor cantidad de riqueza de especies (Andrade & Fernández, 1999). Esto gracias a su potencial para colonizar una amplia gama de microhábitats, por su corto ciclo de vida y pequeños tamaños que favorecen su rápida dispersión (Rangel, 2015), debido a esto, los insectos se han diversificado en gran variedad de ecosistemas, ya que Colombia posee diversidad geológica, presentando diversos pisos térmicos y condiciones, así mismo, la gran cantidad de nichos que pueden ocupar los insectos, desde polinizadores, hasta controladores de plagas e insectos saproxílicos favorece su dispersión (Borror & DeLong (2005).

Por otra parte, su gran plasticidad para adaptarse y ocupar variados roles ecológicos ha hecho de este grupo el mayor porcentaje de organismos dentro de los ecosistemas (Crespo, 2013). Además, algunos artrópodos son considerados bio-indicadores y vectores de enfermedades que afectan al ser humano (Arnaldos et al., 2011; León et al., 2010).

2.5 *Técnicas de muestreo*

El muestreo de diversidad de artrópodos puede hacerse en áreas con diferencias topográficas o de vegetación (Moreno, 1977), usando estrategias de organización del área como lo son los transectos o cuadrantes, este último en áreas con condiciones homogéneas (Aguirre, 2014). Por otra parte, los muestreos pueden clasificarse de diferentes maneras, activos; por observación directa, búsqueda activa, aspiradora biológica y red entomológica, o métodos pasivos, como el uso de trampas entomológicas, entre las cuales se encuentran, las trampas de barrera, de luz o arrastre entre otras (Ramírez et al., 2014).

Por otra parte, en Colombia para realizar muestreos de fauna es necesario contar con la normativa actual del país, la cual para ejercicios investigativos se fundamenta en Colombia la recolección de organismos a fines de investigación bajo el Decreto 1376 de 2013, así como los permisos marco, los cuales se encuentra activos para entidades educativas que requieran, realizar muestreos y colectas de individuos en campo.

2.6 Diversidad, abundancia y riqueza

La diversidad es la variabilidad de organismos vivos que forman parte de un ecosistema o de complejos ecológicos, que se puede abordar de diferentes formas y escalas, es decir, entre una especie, poblaciones, comunidades, entre otras escalas (IAvH 2000; UNEP, 1992). Para estimar la diversidad es necesario realizar el inventario del grupo de organismos de interés abordando la abundancia de organismos y el número de especies (riqueza específica) en un área delimitada acorde con los objetivos de estudio; con estos datos es posible abordar la biodiversidad de las tres formas que se han descrito. Posteriormente, los datos de riqueza y abundancia permitirán reflejar la coexistencia de especies dentro de una comunidad (Diversidad alfa), el grado de cambio o reemplazo de las especies dentro de una comunidad en una región (Diversidad Beta), o estimar simultáneamente la riqueza total de especies junto el grado de recambio o reemplazo entre comunidades en varias regiones (diversidad Gamma), el tipo de diversidad a estimar se define al mismo tiempo que se ha determinado una escala geográfica a trabajar (Moreno, 2000; Villareal et al, 2004).

2.7 Características de la vegetación

Identificar diferencias estructurales de la vegetación como el dosel, la altura y el DAP, son variables de que se pueden aprovechar al momento de ejecutar estudios de diversidad estructural, en la cual se puede identificar la composición florística, distribución y disposición espacial del material vegetal, que

además permiten delimitar áreas de estudio según su estructura o composición vegetal, al mismo tiempo, permiten reconocer la influencia de las morfologías al momento de beneficiar o perjudicar la presencia de ciertos grupos faunísticos (Ferrero-Díaz, 2015; Danserau, 1957).

En este caso, la cobertura de dosel y la altura y el DAP son características ampliamente visibles que permiten la delimitación de diferentes zonas de estudio, ya que dan lugar a la creación de perfiles de la vegetación, a partir de criterios fenológicos que pueden brindar información relevante sobre la diversidad y el objeto de interés en el área de estudio (Ferrero-Díaz, 2015). Reconocer las características y composición de la vegetación, permite la clasificación de coberturas para el estudio y desarrollo de herramientas de sistemas de información geográfica como lo propone la metodología de GLOBE.

2.8 *Conservación y amenazas*

Generalmente, la especie arbóreas, arbustivas y herbáceas tropicales soportan gran diversidad de insectos herbívoros, dada la variabilidad de estructuras, microclimas y hábitats dentro de la estratificación vertical desde el suelo hasta el dosel de los bosques (Didham et al, 2012), sin embargo, la diversidad de invertebrados se encuentra en declive por varias razones, una de ellas es que muchos son especialistas sobre el recurso alimentario y la disponibilidad de microhábitats, además, la mayoría de insectos son herbívoros y las relaciones planta - insecto suelen ser íntimas al punto donde la alteración en las abundancia de la vegetación trae graves consecuencias para las poblaciones de insectos y consecuentemente para las especies que dependen de estos pequeños invertebrados, así que la pérdida, alteración y fragmentación del hábitat generan fuertes amenazas para la estructura y funcionamiento de los ecosistemas completos de los que el hombre depende, por los múltiples servicios que estos sistemas complejos ofrecen (Basset & Lamarre, 2019). Es por eso, que surge el interés de investigar las relaciones que ocurren y la diversidad dentro de los agroecosistemas desde el componente vegetal en dinámica con la fauna que alberga y así aportar bases científicas, que contribuyan conocimientos sobre sistemas agroecológicos biodiversos (Chavarría & Martínez, 2017; Duarte & López, 2020).

3 Pregunta de Investigación

¿Existe una relación entre la diversidad de insectos y tres características de la vegetación?

4 Justificación

Los Agroecosistemas al ser estrategias de manejo integral de Bosques y sistemas productivos, requieren de la identificación de componentes estructurales y funcionales de la biota que integran estos ecosistemas, como lo son el componente vegetal y la riqueza de insectos, puesto que los estudios sobre la artropofauna son de gran importancia para el desarrollo de actividades agrícolas. Debido a su imposibilidad taxonómica y la complejidad del estudio de las interacciones biológicas de las que hacen parte, es necesario su reconocimiento y el enriquecimiento de los conocimientos bases como inventarios de diversidad en plantas e insectos, para la toma de decisiones y planes de conservación, ya que dada su importancia dentro de estos sistemas como proveedores de diversos servicios ecosistémicos son necesarios para al tiempo satisfacer y beneficiar a las actuales y futuras necesidades del hombre.

5 **Objetivos**

5.1 *Objetivo general*

Reconocer si existe una relación entre la diversidad de insectos y tres características de la vegetación en La Reserva Agroforestal Santa Librada, Tolima.

5.2 *Objetivos Específicos*

- Estimar la diversidad de insectos en áreas con diferentes porcentajes cobertura dosel, altura de la planta y DAP (Diámetro al nivel del pecho).
- Comparar la diversidad de insectos entre áreas con diferentes características de la vegetación en La Reserva Agroforestal Santa Librada, Tolima.

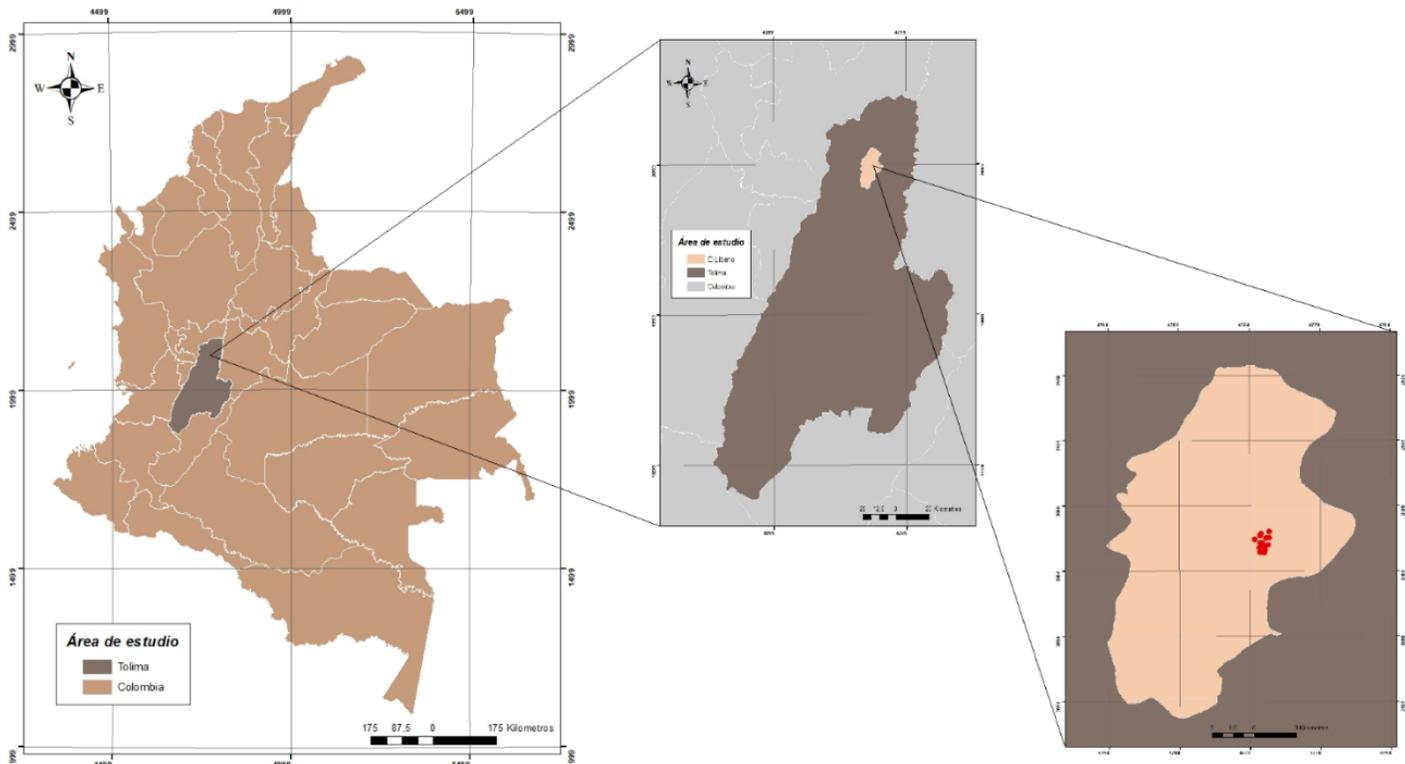
6 Método

6.1 Área de Estudio

La investigación se desarrolló en la reserva Agroecológica Santa Librada y áreas de influencia (4,92194 N - 75,07583 W) en el departamento de Tolima. El área de estudio es un bosque húmedo premontano (Holdridge, 1996), con una variación altitudinal entre los 818 y los 1176 msnm, con una temperatura promedio de 25.17 °C, humedad 86% y nubosidad de 76% (Castañeda, Alvarado, & Segura, 2013). El paisaje presenta una matriz heterogénea moldeada por cultivos de aguacate (*Persea* sp.), cacao (*Theobroma* sp.), plátano (*Musa* sp.) y café (*Coffea* sp.) en medio de parches de bosque secundario en sucesión (Renza Meléndez, Ramírez Reinoso, Sanabria, & Olaya Medina, 2015; Bandera, 2019).

Figura 1. Ubicación de la Reserva Agroforestal Santa Librada, vereda la Honda, Líbano, Tolima,

Colombia.



6.2 Registro de datos

La recolección de datos se llevó a cabo desde el 23 de febrero hasta el 29 de marzo de 2021. El muestreo se realizó en tres sitios con diferente porcentaje de cobertura vegetal (Tabla 1), que incluyeron zonas de cultivo de sombra donde la cobertura de dosel es baja (10 – 39%), zonas de bosque secundario donde la cobertura de dosel es alta (70 – 90%) y zonas intermedias denominadas así por tener una cobertura de dosel media (40 – 69%). En cada zona se realizaron 5 muestreos en cuadrantes de 20x50 m, con una distancia de 460 m entre sí (M. Rocha, com. pers.). Para cada uno de los cuadrantes, se registró la abundancia y diversidad de insectos junto con la información de características de vegetación como el diámetro al nivel del pecho (DAP), cobertura de dosel y altura de la planta.

Las zonas de bosque secundario dentro de la reserva se encuentran en un estado de sucesión que inició hace 50 años, desde la iniciativa de transformar monocultivos en agroecosistemas y áreas de conservación, donde actualmente predominan especies arbóreas como ceibas (Malvaceae), guarumos (Urticaceae), nogales (Juglandaceae), guayacanes (Zygophyllaceae), y laureles (Lauraceae), entre otras especies (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, s. f.).

Por otro lado, los cultivos de sombra o agroecosistemas se caracterizan por albergar más de una especie vegetal (Herrera et al., 2011). En las zonas de cultivo, el plátano hartón (*Musa paradisiaca* Linneo) es la especie que genera sombra para otras especies de interés agrícola como la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), el café (*Coffea* sp.), y el cacao (*Theobroma cacao* Linneo). Al seleccionar las zonas intermedias, se tuvo en cuenta sitios donde las características de la vegetación como el DAP, altura y cobertura de dosel se encontraban en un rango intermedio entre el bosque secundario y los cultivos de sombra dentro de cada cuadrante (Tabla 1).

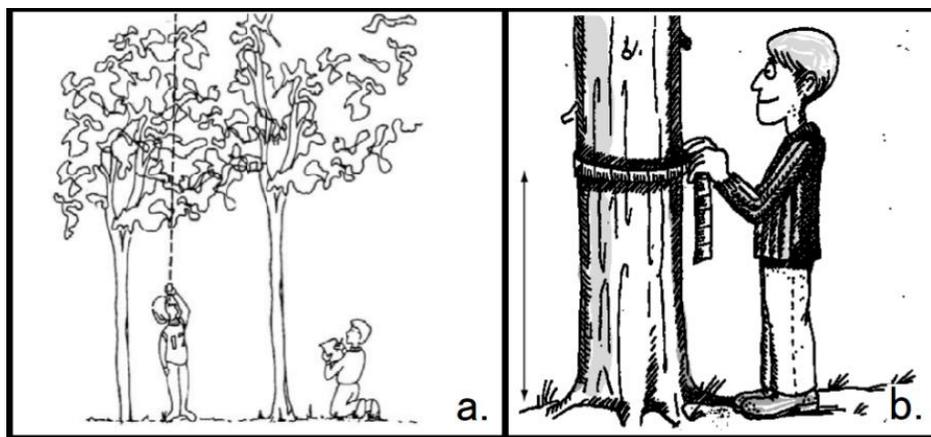
Tabla 1. Rangos de medidas de características de la vegetación por tipo de área de muestreo.

	Altura Dosel (m)	DAP (m)	Cobertura Dosel (%)
Cob_1	0,54 - 7,10	0,08 - 0,40	10 – 39
Cob_2	0,92 – 9,32	0,03 - 1,16	40 – 69
Cob_3	1,15 – 34,17	0,02- 2,45	70 – 90

6.2.1 Registro de características de la vegetación

El número de morfoespecies (msp) vegetales por punto de muestreo fue registrado. Así mismo, se registró el DAP (Diámetro al nivel del pecho), porcentaje cobertura dosel y altura de la planta (Figura 2a-b), siguiendo parte de la metodología de “*GLOBE Program Teacher’s Guide*” (2005) del protocolo biométrico para cobertura terrestre.

Figura 2. Recuperado de GLOBE (2005) a) Medición cobertura de vegetación b) Medición circunferencia del árbol

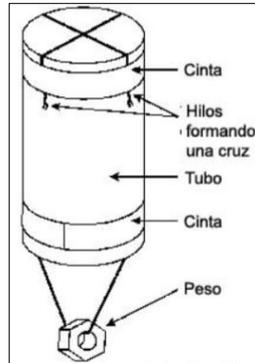


6.2.2 Cobertura de dosel

Con un densímetro de fabricación casera, que consta de un tubo cilíndrico al cual se le adhieren dos hilos en forma de cruz en un extremo y una tuerca sujeta con hilo en su otro extremo (Figura 3), se

realizaron las observaciones de cobertura vegetal. A través del cuerpo cilíndrico del densímetro en posición vertical se observó la presencia o ausencia de ramas en el campo visual (Figura 2b), específicamente en la intersección de los hilos en extremo superior, la medición se diagramó en un croquis del cuadrante (Figura 4).

Figura 3. Densímetro de fabricación casera. Recuperado de GLOBE (2005)



Para obtener el porcentaje de cobertura, cada cuadrante fue dividido en 40 parcelas de 5x5 m para realizar las observaciones con el densímetro. En los croquis, los registros de cada parcela fueron marcados con un signo + en caso de presencia y un signo – en caso de ausencia de ramas (Figura 4). Posteriormente, se hizo la sumatoria del número de parcelas con observaciones de presencia de ramas y tomando en cuenta que el número total de observaciones fue 40, se realizó una regla de 3 simple:

$$X = \frac{(C * B)}{A}$$

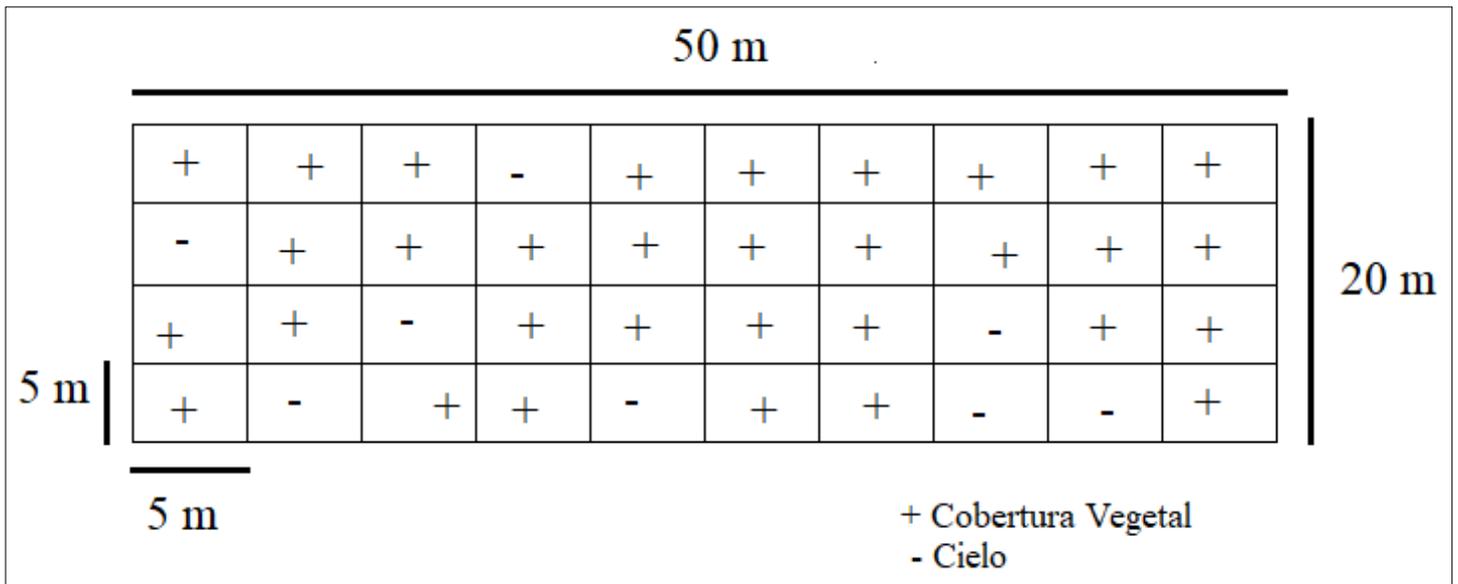
X= Porcentaje de cobertura

C= N° de observaciones de cobertura

B=100

A= N° total de observaciones por cuadrante (40)

Figura 4. Croquis para registro de cobertura vegetal



6.2.3 *Altura de la vegetación*

Este registro se tomó con el fin de tener una descripción gráfica de los puntos de muestreo, independiente de que la captura de los insectos se llevará a cabo de 0 a 2 metros desde la superficie del suelo. Con una cinta métrica se tomó la distancia de la superficie del suelo y la altura de la planta.

6.2.4 *Diámetro al nivel del pecho*

Tomando la medida del CAP (perímetro o circunferencia a la altura del pecho) con una cinta métrica a una altura de 1,30 m desde la superficie del suelo (Figura 2c), se calculó el DAP con la siguiente ecuación:

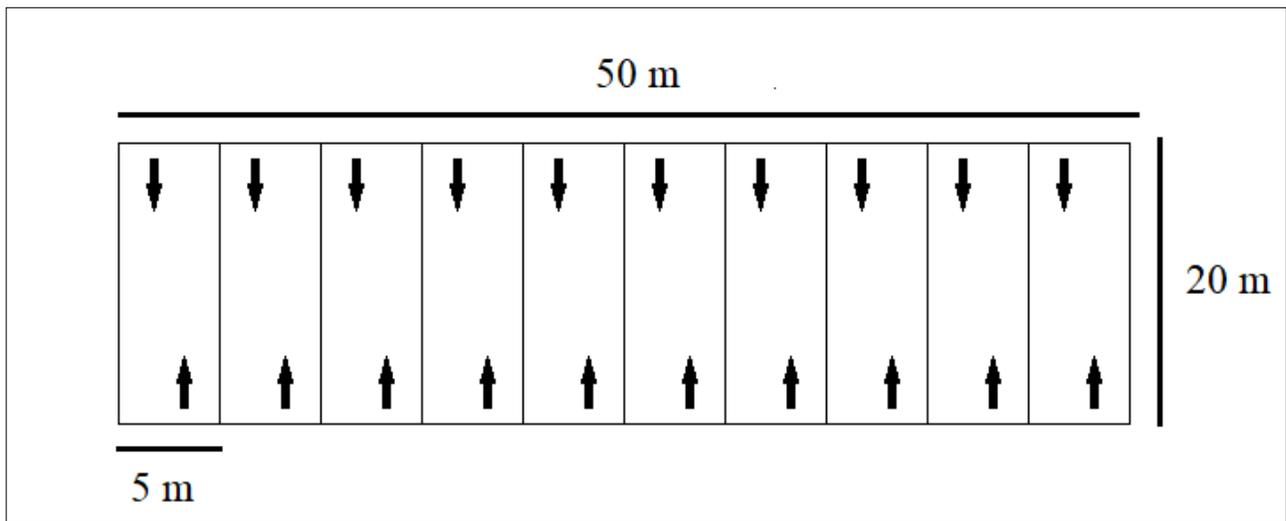
$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

6.2.5 *Registro de datos insectos*

Los insectos se capturaron con jama a través de captura directa o golpeteo de la vegetación, desde la superficie del suelo hasta la altura de planta en un rango de 0 a 2 m (Luna, 2005; Steyskal et al. 1986).

El cuadrante fue dividido en transectos de 20x5 m, para cada uno se realizaron cuatro barridos con jama en una dirección y cuatro barridos en dirección opuesta como se indica en la figura 5, con un total de 320 pases por transecto, en esta técnica un pase es el movimiento rasante de la jama en un ángulo de 180° (Pantoja, 1997).

Figura 5. Pases dobles con jama, cada flecha indica la dirección del barrido por cada transecto de 20x5m.



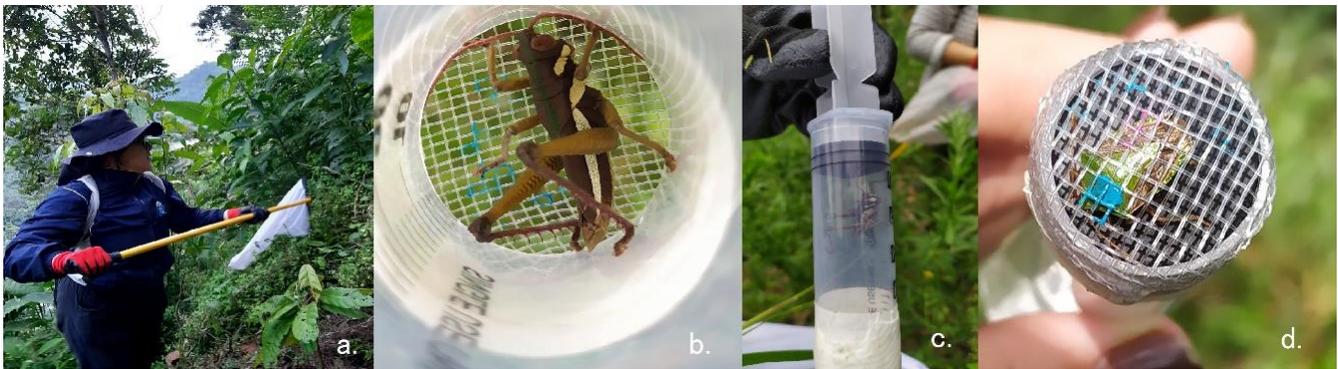
Los individuos fueron marcados para evitar sobreestimar las abundancias, usando varias técnicas que incluyeron marcadores Sharpie® de acuerdo con la metodología de Palacino-Rodriguez & Sánchez (2004), y el uso de otras tintas y pinturas como BIC White-out® o esmalte (Hagler & Jackson, 2001).

Figura 6. Observación de caracteres morfológicos en campo para clasificación de morfoespecies



Después de la captura, los organismos se manipularon usando envases cilíndricos con un extremo cubierto por una malla de poro 1,5 mm y en su otro extremo un émbolo (Figura 7). Algunos individuos fueron sometidos por 30 segundos a pequeñas cantidades de acetona (1 gota para insectos pequeños, 2 gotas para grandes) impregnada en un trozo de gaza. Posteriormente los individuos fueron liberados (Villamizar & Hernández, 2015).

Figura 7. a) Barrido con red entomológica b) Vista interior c) Vista exterior y d) Marcaje dentro del envase cilíndrico usado para marcar los insectos.



El registro fotográfico de los individuos fue realizado con una cámara Canon T05i como soporte fotográfico de las morfoespecies (msp). En envases de plástico con alcohol al 70%, se transportaron algunos individuos a la Universidad El Bosque (Figura 8), donde fueron identificados hasta familia con estereoscopio Nikon® SMZ44 en el laboratorio de Investigación de Biología (INBIBO).

Figura 8. a) Insecto observado en estereoscopio Nikon® SMZ44 b- c) Trabajo de curatoria en

MUB

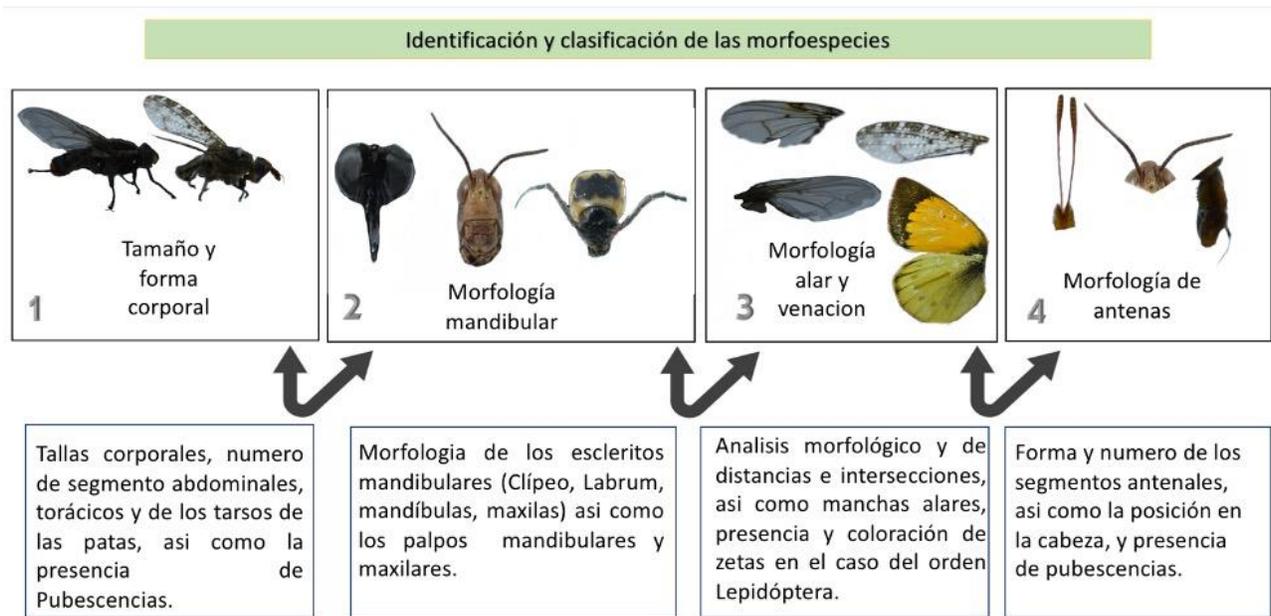


6.2.6 Identificación de morfoespecies

Previo a la fase de campo se realizó una revisión, para identificar las diferentes formas de metamorfosis y morfologías características de los órdenes y familias de la clase Insecta. Para la identificación taxonómica fueron usados los siguientes documentos: Delvare et al., 2020., Borror & DeLong (2005), Wolf (2006), McGavin (2020), Henao et al., 2008., Campos & Fernández (2002). Cerpa & Flórez (2016). Así mismo, fueron utilizadas lupas 20x y 30x, técnicas de fotografía macro y la descripción de la morfología de las formas corporales de los insectos (Figura 9).

Figura 9. Características morfológicas para la diferenciación de “morfoespecies” de Insecta.

Recuperado de Jaramillo, 2022



La figura de morfoespecies (msp) ha sido reconocida en la comunidad científica como una herramienta para calificar invertebrados sin comprometer la exactitud científica y enfrentar las restricciones taxonómicas que generalmente impiden el desarrollo de inventarios de diversidad en invertebrados (Figura 6) (Cardoso & Leather, 2019; Oliver & Beattie, 1996; Rohr, Mahan, & Kim, 2007; Zenker, et al., 2016; Basset et al., 2012).

6.3 Análisis estadístico

La diversidad alfa y beta fue estimada con los índices de dominancia y diversidad de Simpson, junto con el índice de Jaccard. Curvas de acumulación de especies fueron obtenidas con el software iNext para reconocer si el esfuerzo de muestreo fue eficiente. Así mismo, modelos lineales generalizados (MLG) se realizaron con el software R para estimar si hay una relación entre la diversidad de insectos y variables de escala local como DAP (Diámetro al nivel del pecho), cobertura de dosel, riqueza de especies, a una altura de planta.

6.3.1 *Índice de dominancia y diversidad de Simpson*

Para estimar la diversidad alfa para cada cobertura, se utilizó el índice de dominancia y el inverso de Simpson. El índice de dominancia expresa la probabilidad de sacar dos individuos al azar que pertenezcan a una misma especie, el rango para interpretar este índice oscila entre 0 y 1, siendo 1 el valor máximo de dominancia, cuando el valor es más cercano a 0 suele interpretarse como un indicador de mayor diversidad dentro de la comunidad. En el inverso de Simpson (1-dominancia), se expresa la equitatividad o uniformidad de la comunidad, es decir, la diversidad máxima que se obtiene si hay una distribución de abundancias equitativa entre el número especies dentro de una comunidad, este índice también se expresa en un rango de 0 a 1, siendo el 1 es valor máximo posible de diversidad (Villareal et al., 2004; Hammer, 2009; Salmerón et al, 20017).

6.3.2 *Índice de similitud de Jaccard*

La diversidad Beta fue estimada con un índice de similitud y disimilitud de Jaccard, el cual permitió interpretar la semejanza entre los tres sitios muestreados, a partir de la relación entre el número de especies compartidas y el número de especies exclusivas, el rango para la interpretación de este índice oscila entre 0 y 1, siendo 1 cuando los sitios de muestreo comparten la totalidad de las especies identificadas y no hay especies exclusivas (Villareal et al, 2004; Hammer, 2009).

6.3.3 *Perfil de diversidad y curvas de acumulación de especies*

El software iNext se utilizó comparar la diversidad de insectos en los tres sitios con diferente porcentaje de cobertura a partir de un perfil de diversidad y curvas de acumulación de especies. Para el Perfil de diversidad, el software toma como muestra de referencia los datos de abundancia para calcular las estimaciones de diversidad e intervalos de confianza (95%) y se focaliza en tres medidas de los números Hill de orden q (riqueza de especies q=0, diversidad de Shannon q=1 y diversidad de Simpson q=2). Al tiempo que permite obtener un perfil de diversidad (Figura 12),

el software facilita el trazo de dos curvas de rarefacción y extrapolación según el tamaño de la muestra y cobertura, además de una curva de completitud de la muestra, que muestra la variación en la estimación de la cobertura en función del tamaño de la muestra (Chao et al, 2016).

6.3.4 *Modelos lineales generalizados*

Modelos lineales generalizados (GML) fueron ejecutados con el fin de determinar si existe un efecto sobre la riqueza de insectos en función de la composición vegetal en tres sitios con diferentes grados de cobertura de dosel, rangos de DAP y altura de la vegetación. Para la correlación se eligieron los GLM, ya que permiten analizar un set de datos, aun cuando las variables de respuesta no cumplen los supuestos de un modelo lineal clásico, los datos no presentan una distribución normal de los errores, la varianza no es constante o no hay linealidad. En este caso para tratar datos con una estructura no normal, el GML se ajustó con el modelo de regresión de Poisson, ya que es un modelo no lineal para el análisis de datos de conteos donde la variable de respuesta toma valores discretos no negativos (Riqueza y abundancia de especies), junto con una función de vínculo logarítmica, con el fin del transformar la variable de respuesta y linealizar la relación entre las variables dependientes e independientes (Fuentes et al.,2012; Arboccó, 2015; Carrasco, 2010).

La calidad relativa de los modelos obtenidos fue medida con los índices de bondad AIC (criterio de información Akaike) y el coeficiente de determinación r^2 . El AIC indicó si el modelo utilizado elegido entre un conjunto de modelos posibles es de confianza por su exactitud y complejidad según el ajuste a los datos obtenidos. El r^2 ($1 - D. \text{residual} / D. \text{nula}$), permitió interpretar el grado de ajuste del modelo elegido a los datos obtenidos según el grado de desviación de la variable de respuesta (Arnold, 2010; Mohamad, 2016, M. Rocha, com. pers.).

6.3.5 *Prueba Post-Hoc de Tukey*

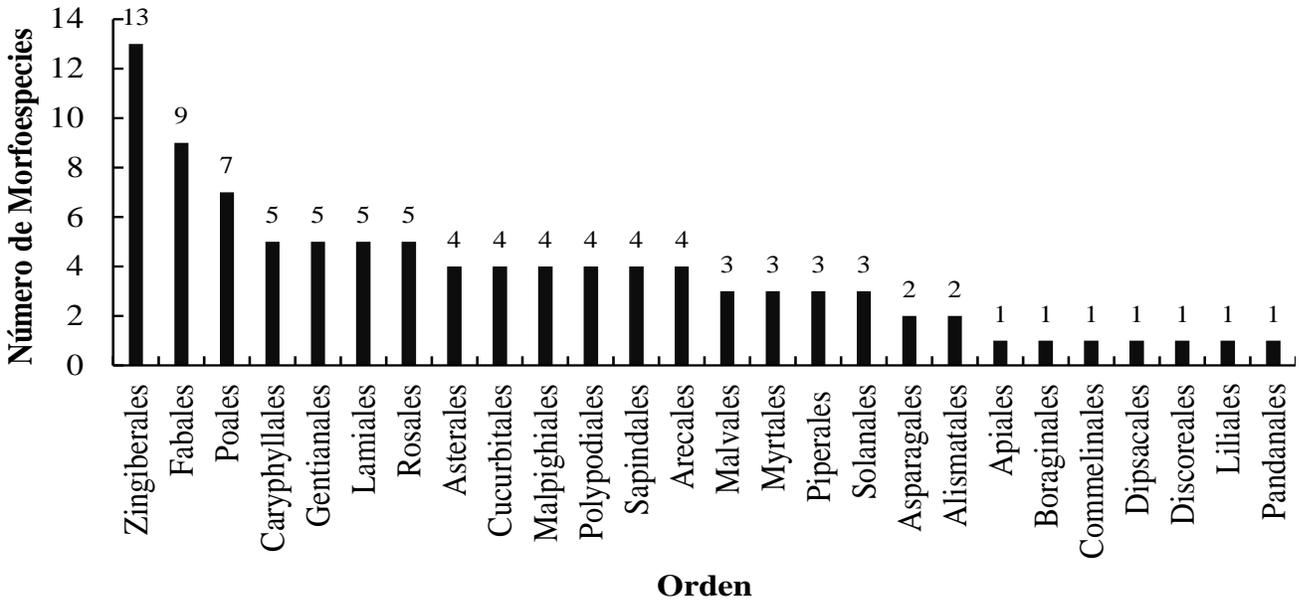
Posterior a los GML, y a obtener los análisis de varianza, se realizaron pruebas de comparación múltiple de medias, para identificar cuáles de las medias son significativamente diferentes. Para ello se utilizó la prueba de Tukey, la cual compara de dos a dos las medias de los grupos de datos introducidos en el análisis y establece un rango de error experimental para todas las comparaciones (Navarro et al., 2017; Blokdyk, 2018, Rpubs- Post-Hoc Analysis with Tukey's test, s/f).

7 Resultados

7.1 Diversidad de plantas

Un total de 26 órdenes, 46 familias, 81 géneros y 96 morfoespecies vegetales fueron identificadas (Anexo 2). Los órdenes con mayor riqueza de morfoespecies fueron Zingiberales (13 msp), Fabales (9 msp), Poales (7 msp), Caryphyllales (5 msp), Gentianales (5 msp), Lamiales (5 msp) y Rosales (5 msp) (Figura 10). Las familias con mayor riqueza de morfoespecies fueron Leguminosae (7), Poaceae (6), Rubiaceae (5 msp), Heliconiaceae (4 msp), Marantaceae (4 msp), Curcubitaceae (4 msp) y Arecaceae (4 msp), por último, los géneros con mayor riqueza de morfoespecies fueron *Heliconia* sp. (4 msp), *Calathea* sp. (4 msp), *Zingiber* sp. (2 msp), *Alocasia* sp (2 msp), *Chamaedorea* sp. (2 msp), *Rivina* sp. (2 msp), *Mimosa* sp. (2 msp), *Hamelia* sp. (2 msp), *Thunbergia* sp. (2 msp) y *Urera* sp. (2 msp).

Figura 10. Morfoespecies por orden de vegetación en la Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia



7.2 *Diversidad de insectos*

Un total de 463 morfoespecies, en 120 familias pertenecientes a 12 órdenes de la clase Insecta fueron identificados. Los órdenes con mayor número de familias identificadas fueron Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera y Lepidoptera (Figura 10). Los Ordenes con mayor riqueza de morfoespecies fueron Hemiptera (107 msp), Diptera (83 msp) y Coleoptera (75 msp) (Figura 12). Las familias con mayor riqueza del orden Hemiptera fueron Cicadellidae con 28 morfoespecies y Pyrrhocoridae con 13 morfoespecies, y del orden Diptera las familias Syrphidae (9 msp), Terphritidae y Mycetophilidae (6 msp) (Anexo 1).

Figura 11. Familias por orden de la clase Insecta en la Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia

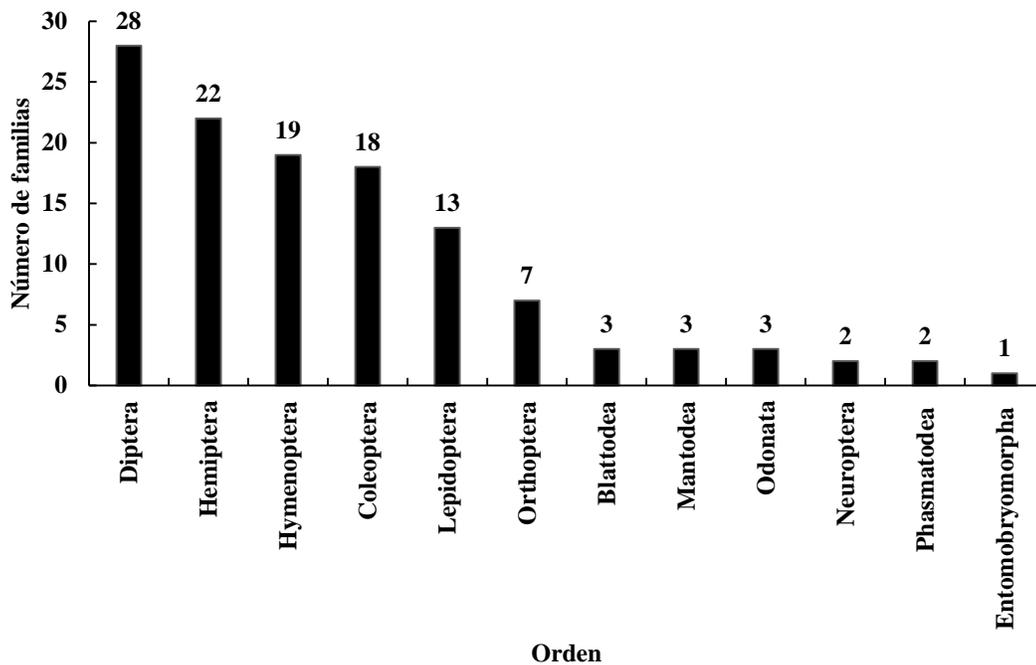
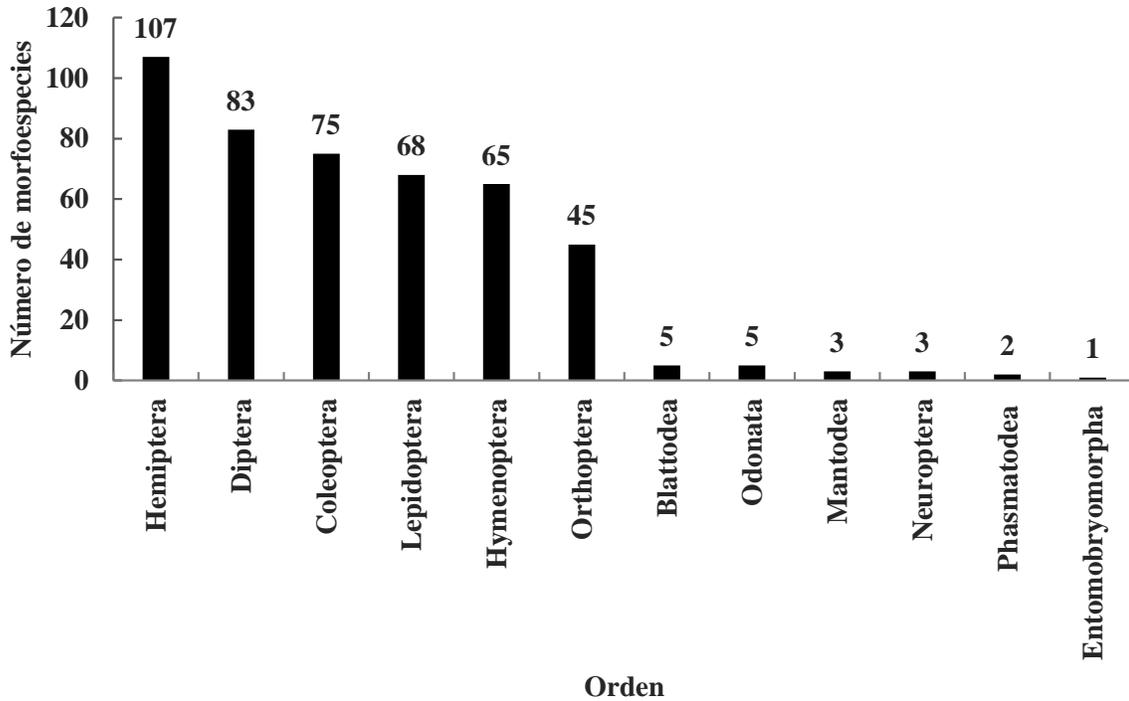


Figura 12. Riqueza de morfoespecies por cada orden de la clase Insecta en la Reserva

Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia

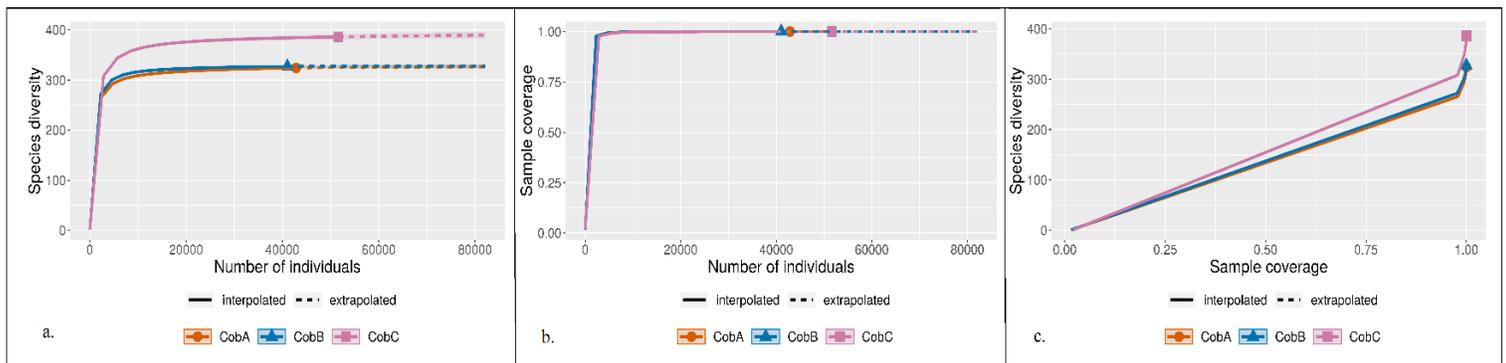


7.2.1 Curvas de acumulación de especies

A partir de las curvas de extrapolación e interpolación, obtenidas con base en el número de individuos en función de la diversidad de especies, se puede observar que la cobertura número 3 posee mayor diversidad de insectos (Figura 14a).

Figura 14. Curvas de a) muestreo de rarefacción y extrapolación basada en el tamaño de la muestra

b) completitud de la muestra c) muestreo de rarefacción y extrapolación basada en la cobertura



Las tres coberturas son comparables y poseen el mismo esfuerzo de muestreo, ya que los intervalos de confianza se sobrelapan entre sí, lo que permite inferir que las diferencias entre las riquezas son resultado de un efecto biológico más no de un error o falta en el esfuerzo de muestreo (Figura 13b), el cual, fue estandarizado de cero a uno, y nos permitió contrastar el esfuerzo de muestreo con el número de abundancias (Figura 14b) y la riqueza de especies (Figura 14c), la cobertura 3 (Cobertura de dosel densa) presentó mayor riqueza y abundancia de especies de insectos que las coberturas 1 (Cobertura de dosel baja) y 2 (Cobertura de dosel media).

7.2.2 *Índices de Diversidad*

La diversidad alfa fue estimada con los índices de dominancia y diversidad de Simpson, que muestran alta diversidad en las tres coberturas (Cob) de vegetación con valores cercanos a 0.98, por otro lado, la dominancia encontrada es muy baja, ya que sus valores son inferiores a 0.02 (Tabla 2).

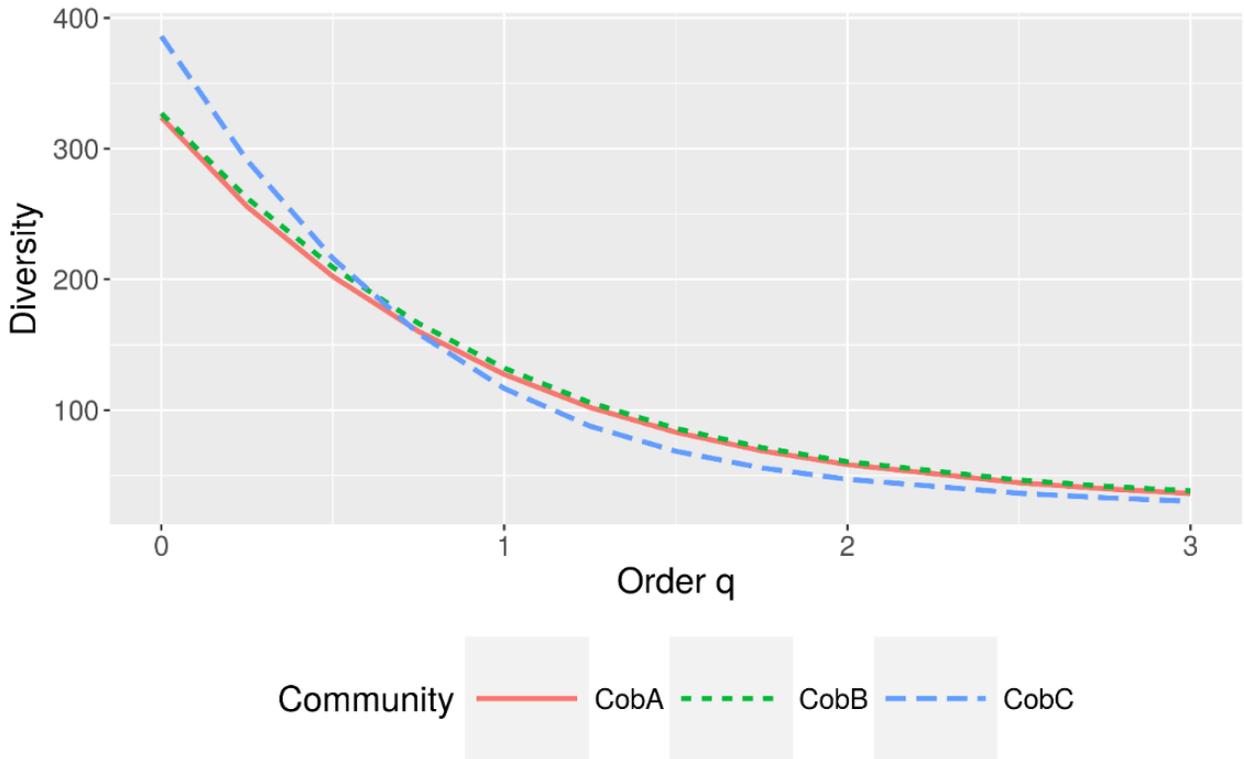
Tabla 2. Índices de diversidad por cobertura de vegetación

	Cob_1	Cob_2	Cob_3
Taxa_S	337	338	405
Abundance	43881	42127	53252
Simpson_1-D	0.9833	0.9841	0.98
Dominance_D	0.0166	0.0159	0.2

En el perfil de diversidad, las líneas de tendencia que se solapan permiten inferir que no hay una diferencia significativa en los valores de diversidad entre los puntos de muestreo (Figura 13).

Figura 14. Perfil de diversidad de insectos en tres coberturas de vegetación, en Reserva

Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia



En el índice de Jaccard se obtuvo que la cobertura 1 y 2 tienen una mayor cantidad de especies compartidas con un valor de 0.767, y de manera inversa, la cobertura 1 y 3 tienen una menor semejanza en el número de especies compartidas con un valor de 0.613 (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de diversidad de Jaccard

	Cob_1	Cob_2	Cob_3
Cob_1	1	0.767	0.613
Cob_2	0.767	1	0.643
Cob_3	0.613	0.643	1

7.2.3 *Modelos Lineales generalizados*

En los modelos lineales generalizados indican que la cobertura de la vegetación tiene un efecto sobre la diversidad de insectos ($\text{Chi}^2: 0.01593$, $p < 0.01$). Sin embargo, el modelo también muestra que no había una relación o influencia significativa entre la riqueza de insectos y la riqueza de vegetación ($p > 0.05$) (Anexo 4), este modelo tiene un alto poder explicativo ($r^2: 1$, AIC: 29.162) (Anexo 3).

En los modelos lineales generalizados para la abundancia de insectos en función de la composición vegetal encontramos que la cobertura de la vegetación tiene un efecto sobre la abundancia de insectos ($\text{Chi}^2: 2.2e-16$, $p < 0.001$), de igual manera, aunque el AIC fue un poco mayor que el modelo anterior, el valor de r^2 indico que el modelo tiene un alto poder explicativo ($r^2: 1$, AIC: 43.734) (Anexo 3).

Cabe resaltar que el DAP se tuvo en cuenta, como una característica para identificar las diferencias en la vegetación de los tres sitios elegidos, sin embargo, se encontró que esta característica no tiene un efecto significativo sobre la diversidad de insectos ($p > 0.05$).

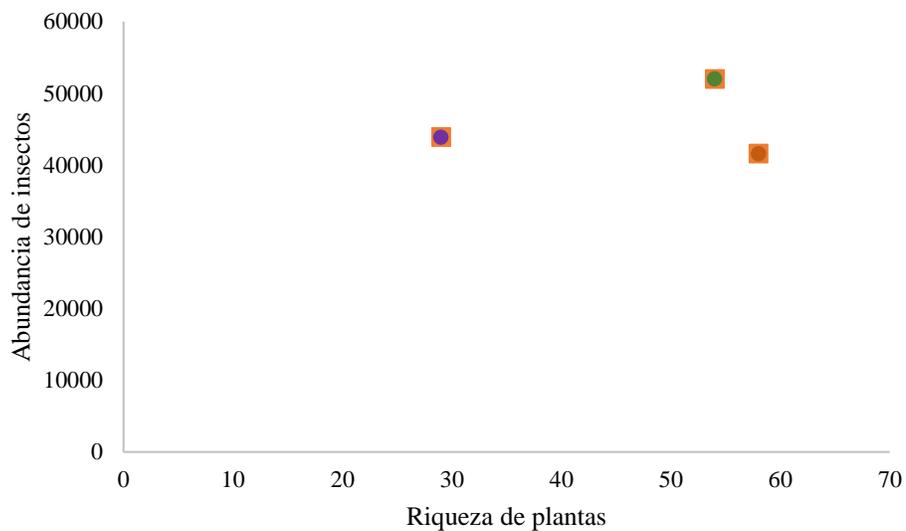
7.2.4 *Prueba Post-Hoc de Tukey*

En las pruebas de comparación múltiple de medias de riqueza de insectos en función del porcentaje de cobertura, se obtuvo que la cobertura 3 correspondiente al bosque secundario tiene mayor riqueza de insectos que la cobertura 1 correspondiente a cultivos de sombra ($Z: -4.318$, $p < 0,001$) y la cobertura 2 de cobertura de dosel media ($Z: -4.252$, $p < 0,001$). Por otro lado, las coberturas 1 y 2 no presentaron diferencias significativas en la riqueza de insectos ($Z: 0.067$, $p > 0,05$) (Figura 15, Anexo 4).

En las pruebas para la comparación múltiple de medias de las abundancias de insectos en función del porcentaje de cobertura, se obtuvo que la cobertura 3 correspondiente al bosque secundario tiene mayor abundancia de insectos que la cobertura 1 correspondiente a cultivos de sombra ($Z: -52.00$, $p < 0,001$) y la cobertura 2 de cobertura de dosel media ($Z: -62.25$, $p < 0,001$). De igual manera, se obtuvo diferencias significativas entre las abundancias de las coberturas 1 y

2 (Z: -10.36, $p < 0,001$), donde la cobertura 1 presento mayor abundancia de insectos que la cobertura 2 (Anexo 4).

Figura 15. Abundancia de insectos vs Riqueza de plantas, punto morado referencia a la Cob_2, punto naranja a Cob_1 y punto verde a Cob_2



8 Análisis y discusión

Los resultados del índice alfa de dominancia y de diversidad de Simpson, mostraron que la diversidad es alta en los sitios muestreados, y que hay una distribución de abundancias por morfoespecies de insectos con una tendencia equitativa (Simpson_1-D: 0,98; Dominance_D: 0,2) (Tabla 2). Así mismo, se encontró una variación cercana al 40% en la composición de la diversidad de insectos entre los sitios muestreados (Tabla 3).

La alta diversidad de insectos obtenida, es el fruto de las condiciones ambientales como la temperatura y humedad relativamente que facilitan el balance y flujo constante de energía y agua en los bosques tropicales (Cai et al., 2019; Fassbender, 1993; Madrigal & Vargas-Chacón, 2016), junto con la compleja y variable topografía en el Neotrópico, que ofrece ensamblajes de vegetación muy heterogéneos con una amplia gama de microclimas que proveen de alimento y resguardo a una gran diversidad de grandes y pequeños organismos (Devries & Walla, 2001; Wills et al., 1997; Brown, 1991).

Por otro lado, la constante transformación del paisaje resultado de prácticas como la agricultura, deforestación, fragmentación y otros procesos estocásticos tienen un impacto en los cambios de la composición de comunidades de artropodos (Samways et al, 2020; Rocha-Ortega & Favila, 2013).

Las acciones de restauración ecológica como la reserva agroforestales San Librada, están orientadas a la integración de escenarios productivos como policultivos y bosques secundarios que buscan recuperar y conservar la heterogeneidad espacial, ya que se ha comprobado la diversidad de insectos presenta variaciones que pueden indicar el estado de sucesión de los bosques y la composición vegetal de los cultivos agroecológicos (Rocha-Ortega et al, 2018; Pedro, 2015; Altieri, 2001).

En la reserva agroforestal San Librada, la heterogeneidad vegetal se identificó en tres sitios donde las características de la vegetación como el DAP, altura de dosel, cobertura de dosel y riqueza de especies es diferente, este estudio muestra que hay un efecto sobre la disimilitud en la diversidad de insectos por la heterogeneidad de la vegetación, que favorece especies exclusivas en cada sitio que podría tener un

efecto en la distribución de abundancias, riqueza de especies y grupos tróficos dentro de cada ecosistema (Ammat, 2005; De Szalay & Resh, 2000; Ruiz-Jaén & Aide, 2005).

8.1 Cobertura Baja

Los sitios de menor cobertura corresponden a cultivos de sombra (Cob_1), compuestos por 29 morfoespecies vegetales, de las cuales 7 morfoespecies pertenecientes a las familias Compositae (*Galinsoga* sp.), Phytolaccaceae (*Petiveria* sp.), Commelinaceae (*Commelina* sp.), Curcubitaceae (*Momordica* sp.), Euphorbiaceae (*Manihot* sp.), Aristolochiaceae (*Aristolochia* sp.) y Cyperaceae (*Cyperus* sp.) son únicas de este sitio, mientras que las familias Curcubitaceae (4 msp), Leguminosae (3 msp), Rubiaceae (2 msp), Heliconiaceae (2 msp) tienen mayor riqueza de morfoespecies en Cob_1.

Sin embargo, en este sitio se encuentran especies de interés agrícola como el plátano (*Musa* sp.), la yuca (*Manihot* sp.), la guayaba (*Psidium* sp.), el limón (*Citrus* sp.), el zapote (*Mammea* sp.) y el cacao (*Theobroma* sp.), pertenecientes a las familias Malvaceae, Musaceae y Euphorbiaceae, las cuales son las más abundantes debido a que son de mayor interés agrícola, y el trabajo de los agricultores favorecen su propagación. Estas especies además generan un efecto en la regulación de entrada de radiación solar y crean microclimas apropiados para soportar una gran diversidad de especies al ofrecer amparo y variedad en el sustento alimentario (Madrigal & Vargas-Chacón, 2016; Altieri, 2001).

En este sitio la cobertura del dosel (entre 10% y 39%) está compuesta por especies arbóreas (7 msp) y palmas (4 msp) que aunque generan sombra, no impiden el flujo de energía solar hasta el estrato herbáceo (<1,5 m), lo que favorece la proliferación de especies herbáceas, rastreras o arbustivas (Aramburu & Escribano, 2006; Vergara-Varela, 2015).

Los órdenes de insectos más abundantes en este sitio fueron Hymenoptera (12661 ind), Hemiptera (9542 ind), Diptera (6977 ind), Coleoptera (6540 ind) y las familias más abundantes fueron Formicidae (10630 ind), Cicadellidae (2219 ind) y Acrididae (2019 ind).

La proliferación de la cobertura herbácea o cobertura viva en los cultivos de sombra ha demostrado reduce los efectos e impactos de la erosión, la pérdida de agua, y representan una fuente importante de alimento y hábitat, necesario para dar soporte a procesos biológicos de renovación, flujo de energía y servicios ecosistémicos que mantienen el balance sinérgico de las interacciones dentro de los cultivos (Madrigal & Vargas-Chacón, 2016; Altieri, 2001).

Aunque la cobertura de dosel es baja en comparación con los otros sitios muestreados, el uso de árboles de sombra dentro de un cultivo permite modificar y regular, cambios en la temperatura, humedad, disponibilidad de agua, dando paso a diferentes microclimas que albergan una alta biodiversidad de entomofauna (Acuna & Antonio, 2016; Becerra, 2019).

8.2 Cobertura Media

La cobertura media (Cob_2), presentó mayor riqueza de vegetación que la cobertura baja y alta, ya contenía 58 morfoespecies vegetales, de las cuales 19 eran exclusivas de este sitio. El porcentaje de cobertura fue de 40% a 69%, con una altura de dosel máxima de 9,32 m, por lo que hay una mayor regulación de la entrada de radiación solar, que no limita el desarrollo de la vegetación arbustiva (4 msp) y herbácea (22 msp), razón por la que la riqueza de insectos es similar a la cobertura baja (Díaz, 2018).

Al igual que la cobertura baja, la diversidad de insectos es similar en términos de riqueza y abundancia, aun así, según el índice de Jaccard el grado de disimilitud de la composición de la comunidad de insectos es del 24%, esta diferencia puede deberse al aumento de riqueza de especies vegetales en la cobertura media junto con la baja intervención antrópica en comparación con los cultivos de sombra, que podría favorecer diferentes nichos para la entomofauna (Rubio & Aguirre, 2014; MacArthur, 1965).

La vegetación más abundante pertenece a las familias Leguminosae (5 msp), Rubiaceae (4 msp), Heliconiaceae (4 msp), Urticaceae (3 msp) y Poaceae (6 msp), su presencia en esta cobertura podría respaldar lo anteriormente planteado sobre el efecto de la intervención antrópica, que implica la reducción en la riqueza de especies vegetales como resultado del efecto antrópico que ejercen los

agricultores al querer controlar la proliferación prioritariamente y a mayor escala las especies de interés.

Hemiptera (10392 ind), Lepidoptera (7374 ind), Diptera (7028 ind) e Hymenoptera (5309 ind) fueron los órdenes con mayor abundancia, mientras que las familias Nymphalidae (5606 ind), Reduviidae (3456 ind), Acrididae (3077 ind) y Chrysomelidae (1507 ind) las familias con mayor abundancia.

8.3 Cobertura Alta

De la cobertura de bosque o cobertura alta (Cob_3) compuesta por 54 morfoespecies de vegetación, de las cuales 29 eran exclusivas de este ecosistema, se encontró que la vegetación arbórea era predominante (20 msp) ya que su porcentaje de cobertura es de 70% a 90%, y la altura de dosel máxima de 34,17 m, que además, genera un efecto de cierre de dosel donde el follaje limita y reduce el flujo y captación de radiación solar en la estratificación vertical de la vegetación, afectando los estratos más bajos y la diversidad de especies herbáceas (6 msp) y arbustivas (5 msp) (Farfan, 2019; Martínez 2015).

La vegetación única de este sitio pertenece a las familias Arecaeae (*Chamaedorea* sp.), Leguminosae (*Inga* sp. y *Adenantha* sp.), Euphorbiaceae (*Acalypha* sp. y *Fontainea* sp.), Melastomataceae (*Miconia* sp. y *Clidemia* sp.), Marantaceae (*Calathea* sp.) y Zingiberaceae (*Alpin* sp. y *Zingiber* sp.), y las familias de mayor riqueza en el bosque secundario son Zingiberaceae (3 msp), Marantaceae (4 msp), Heliconiaceae (3 msp), Urticaceae (3 msp), Leguminosae (3 msp), Arecaceae (3 msp) sin embargo, las especies más abundantes y características del sitio pertenecen a las familias Poaceae (*Guadua* sp.) y Malvaceae (*Ceiba* sp. y *Theobroma* sp.).

Los órdenes Lepidoptera (10401 ind), Diptera (8974 ind), Hymenoptera (8857 ind), y Hemiptera (8034 ind) y las familias Nymphalidae (5346 ind), Liturgusidae (4632 ind), y Tortricidae (2832 ind) fueron los más abundantes en los bosques secundario.

8.4 Efecto de la cobertura en la diversidad y riqueza de insectos

De acuerdo con los GML y las pruebas de Tukey, la riqueza de insectos es mayor en el sitio con la cobertura de bosque secundario (Cob_3) que la cobertura baja (Cob_1) y media (Cob_2), ya que la

riqueza de insectos es mayor en la cobertura alta (405 ind), mientras que la cobertura baja (337 ind) y media (338 ind) no tienen diferencias significativas (Figura 15). Las familias con mayor riqueza en la cobertura de bosque secundario fueron Chrysomelidae(33 msp) Nymphalidae (24 msp) y Cicadellidae (17 msp); para la cobertura media Chrysomelidae (22 msp), Nymphalidae (20 msp); Cicadellidae (18 msp) y para la cobertura baja las familias, Acridae (20 msp), Chrysomelidae (20 msp) y Nymphalidae (18 msp).

Al comparar la abundancia de insectos en función de la vegetación, se encontró que las abundancias son significativamente diferentes en los tres sitios, de manera que la cobertura de bosque posee mayor abundancia de insectos que las demás coberturas, con un total de 53252 individuos de los cuales las familias más abundantes son Formicidae, Cicadellidae Chrysomelidae y Nitidulidae.

La correlación también nos indicó que hay diferencias significativas, ya que la cobertura baja (43881 ind) es más abundante que la cobertura media (42127 ind). Las familias más abundantes en la cobertura baja corresponden a Formicidae, Acrididae y Nymphalidae mientras que las familias más abundantes de la cobertura media son Formicidae, Cicadellidae y Chrysomelidae.

En general en este estudio se observó que los órdenes que predominan tanto en riqueza como abundancia de insectos son Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera y Lepidoptera. Los cuales se han documentado a lo largo de la historia como los grupos con mayor riqueza de especies descritas a nivel mundial, solo en el orden Coleoptera es posiblemente el grupo con más número de especies descritas, seguido por Lepidoptera, Diptera, e Hymenoptera (Urrea & MNHN, 2016).

Los cuatro ordenes mencionados son grupos que presentan una gran variedad de hábitos y formas de vida, y han sido caracterizados en grupos funcionales como: fitófagos, depredadores, parasitoides, detritívoros, fungívoros, xilófagos, entre otros, ya que su conocimiento y monitoreo son de importancia para conocer los estados de sucesión o transformación de los ecosistemas como también son de gran

importancia para la industria agrícola y garantizar la seguridad alimentaria entre otros campos de interés (Alejo et al., 2019, Mendoza, 2021; Narváez, 2003; Brown, 1997).

La familia Formicidae, se caracteriza porque tiene comunidades muy estructuradas y abundantes, con una amplia distribución en la estratificación vertical y horizontal de la vegetación, al igual que las comunidades de las familias Acrididae y Cicadellidae, esto gracias a que comparten sus hábitos de herbivoria y son organismos fitófagos que aprovechan la diversidad de vegetación que ofrece el ecosistema; sin embargo, Acridae y Cicadellidae no presentan similitud en la abundancia de Formicidae (Chandler & Hamilton, 2017; Mcgavin, 2000; Borror & DeLong, 1970).

Al mismo tiempo, la familia Formicidae son reconocidas como un bioindicador o grupo funcional, muy frecuente y abundante en los bosques tropicales que modifica la estructura de los ensamblajes de vegetación y los suelos, que además interviene en las dinámicas la vegetación y demás invertebrados (Rocha-Ortega, 2017), es posible inferir su presencia fue más abundante en la cobertura baja y media debido a que la cobertura herbácea era más densa y alta en estos sitios.

La familia Acrididae son un grupo funcional también llamados herbívoros polífagos, ya que consumen una gran variedad de hierbas y pastos, este grupo tuvo una gran abundancia tanto en las coberturas baja y media, esto podría estar relacionado con la variedad de grupos funcionales que agrupa esta familia, en algunos son considerados plagas ocasionales o esporádicas, o bioindicadores de los estados de sucesión de la vegetación, sin embargo autores como Presa, Montes & Ramírez-Díaz (1983), resaltan la necesidad de tipificar la relación entre la vegetación y la diversidad de Orthopteros para poder establecer una relación más precisa, sin embargo es evidente la necesidad de tipificar estas relaciones para todos las especies que hacen parte del ecosistema a través de múltiples estudios con metodologías y objetivos específicos para cada grupo (Jonas,& Joern, 2008; Andersen,2000; Zumbado-Arrieta, & Azofeifa-Jiménez, 2018).

Al igual que las dos familias mencionadas, Cicadellidae se encuentra con mayor frecuencia en hierbas

y pastos ya que la densidad de la vegetación del estrato herbácea y arbustiva es un hábitat adecuado para reproducirse y obtener alimento, también son un grupo de importancia económica, ya que en algunos casos son consideradas vectores de virus y hongos que impactan el desarrollo y morfología de las plantas, lo que representa un riesgo en la calidad del producto o en la seguridad alimentara en algunos cultivos (Hidalgo-Gato et al., 1999; Pinedo-Escatel & Moya-Raygoza, 2018; Adilson, 2017).

Algunos géneros y especies de la familia Reduviidae, son grupos funcionales que al igual que Cicadellidae pueden ser de importancia económica o vectores de enfermedades trasmisibles a los humanos, también son considerados depredadores generalistas que pueden ejercer un control sobre las abundancias de otros insectos; ambas familias se alimenta de estructuras vegetales como hojas, yemas y peciolos, pueden generar alteraciones sobre las morfologías delas estructuras mencionadas, esta familia fue más abundantes en las zonas de cobertura media (Zumbado-Arrieta, & Azofeifa-Jiménez, 2018; Esteban, Montes & Angulo, 2017).

Otro de los grupos más diversos del orden Coleoptera, es la familia Chrysomelidae. Este grupo cumple funciones de regulación de poblaciones de insectos y plantas por ser depredadores generalistas y herbívoros defoliadores, como lo describen Burgos-Solorio y Anaya-Rosales (2004), lo que podría explicar que su abundancia y riqueza de morfo especies sobresalga en los tres sitios de este estudio.

Los lepidópteros agrupan diferentes grupos funcionales con hábitos muy variados de los cuales se han identificado taladradores, minadores, parásitos o en algunos casos depredadores. La familia Tortricidae es muy abundante en los sistemas agroforestales en especial en los sitios de bosque secundario; posiblemente por el efecto de cierre de dosel, que da seguridad y protección durante los estadios de larvas y pupas (Barrios et al., 2012; Simeone et al., 1997; Razowski, 2013).

Otra familia que sobresale en el estudio por su riqueza de morfoespecies en los tres sitios es la familia Nymphalidae la cual posee una ecología y hábitos muy diversos, de manera que la oferta en la heterogeneidad de la vegetación podría estar directamente relacionada con la diversidad de morfoespecies

encontradas de esta familia (Borrer & DeLong, 1970; Ackery, 1988).

Finalmente es necesario resaltar la similitud en la composición de las comunidades de insectos en los tres sitios podría estar favorecida por la conectividad entre los cultivos de sombra y los sitios de bosque secundario que facilitan el desplazamiento de los invertebrados entre un sitio y otro, al mismo tiempo podría haber una relación entre la diversidad vegetal que comparten los tres sitios, ya que como lo mencionamos anteriormente la reserva se encuentra en un proceso de restauración ecológica, que se puede evidenciar en el bosque donde es posible encontrar vestigios de los cultivos de cacao, café y otras especies (Mendoza, 2021; Rice & Greenberg, 2000, Barrios, 2002).

9 Conclusiones

Los índices de diversidad muestran que los tres sitios con diferentes coberturas de vegetación presentan el mismo grado de diversidad según la relación de abundancia y riqueza de especies, sin embargo, la composición de las comunidades de insectos difiere entre cada cobertura.

Existe una relación significativa entre la riqueza de insectos y las características de la vegetación, ya que se presentan relaciones ecológicas entre las comunidades de insectos y la composición de la vegetación, sin embargo, es necesario ejercer estudios más profundos para describir el tipo y grado de interacción o dinámicas que se desarrollan entre las especies presentes.

Para el caso de los bosques presentes en la reserva, la cobertura de dosel alta alberga una mayor riqueza y abundancia de insectos en comparación con las coberturas baja y media; por otro lado, entre las coberturas baja y media hay una diferencia significativa en la abundancia de insectos, mas no en su riqueza.

Las familias con mayor riqueza de especies dentro de la reserva fueron los comúnmente llamados escalabajos de hojas de la familia Chrysomelidae, las chicharritas de la familia Cicadellidae y las mariposas de la familia Nymphalidae, mientras que las familias más abundantes fueron Formicidae, Acridae, Crysomelidae y Cicadellidae, posiblemente por sus hábitos de herbívora y la falta de especificidad en sus hábitos alimenticios.

10 Bibliografía

Abbott, J.C. (2006-2019). Odonata Central: An online resource for the distribution and identification of Odonata. Available at. (Accessed: March 07, 2019)

Acuna, V., & Antonio, R. (2016). Efecto de la sombra sobre las plagas y enfermedades, a través del microclima, fenología y estado fisiológico del café.

Aguilar-Garavito, M., & Ramírez, W. (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. Editorial Alexander von Humboldt.

Ackery, P. R. (1988). Hostplants and classification: a review of nymphalid butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 33(2), 95-203.

Adilson, P. E. J. (2017). Diversidad de cicadélidos (Hemiptera: Cicadellidae) sobre pastos en los cultivos de maíz y moras.

Alejo, G. B., ZAMAR, M. I., & Contreras, E. F. (2019). Diversity and functional groups of arthropods in greenhouse crop of *Chrysanthemum morifolium* Ramat.(Asterales: Asteraceae) from Jujuy, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 78(1).

Altieri, M. (2001). *Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria*. Universidad de California. US.

Amat-García, G. D. (2005). Diversidad de la fauna de artrópodos terrestres en el humedal Jaboque, Bogotá-Colombia. *Caldasia*, 27(2), 311-329.

Andersen, A. N., Lowe, L. M., & Rentz, D. C. F. (2000). The grasshopper (Orthoptera: Acridoidea, Eumastacoidea and Tettigonioidea) fauna of Kakadu National Park in the Australian seasonal tropics: biogeography, habitat associations and functional groups. *Australian Journal of Zoology*, 48(4), 431-442.

Aramburu, M. P., & Escribano, R. (2006). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

Arboccó, G. T. F. (2005). La fecundidad y su relación con variables socioeconómicas, demográficas y educativas aplicando el Modelo de Regresión Poisson. Universidad Nacional de San Marcos, cap. III. Perú.

Arnaldos Sanabria, M. I., Presa Asensio, J. J., & García García, M. D. (2011). Los artrópodos en la conservación.

Arnold, T. W. (2010). Uninformative parameters and model selection using Akaike's Information Criterion. *The Journal of Wildlife Management*, 74(6), 1175-1178.

Article, D. Artrópodos del suelo como bioindicadores de recuperación de sistemas perturbados

Avedaño, T. L. (2015). Reintroducción y variación poblacional de *Urosaurus nigricaudus* (Reptilia: squamata) en una zona fragmentada del desierto de BCS.

Barrios, K., Mazón, M., Chacón, M. M., Otero, L. D., & Gaviria, J. (2012). Comunidad de lepidópteros asociados a *Theobroma cacao* L. en agroecosistemas con diferente manejo de sombra (Mérida, Venezuela). *Ecotrópicos*, 25, 49-60.

Basset, Y., & Lamarre, G. P. A. (2019). Toward a world that values insects. *Science*, 364(6447) Retrieved from <http://parlinfo.aph.gov.au/parlInfo/search/display/display.w3p;query=library/jrnart/6814858>

Basset, Y., & Novotny, V. (1999). Species richness of insect herbivore communities on *Ficus* in Papua New Guinea. *Biological Journal of the Linnean Society*, 67(4), 477-499

Becerra Yrujo, L. I. (2019). Correlación de los servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en tres usos de suelo de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, Perú.

Borror, D. J., & DeLong, D. M. (1970). An introduction to the study of insects Third edition.

Burgos-Solorio, A., & Anaya-Rosales, S. (2004). Los crisomelinos (coleoptera: chrysomelidae: chrysomelinae) del estado de Morelos. *Acta zoológica mexicana*, 20(3), 39-66.

Brown Jr, K. S. (1991). Conservation of neotropical environments: insects as indicators. *The*

conservation of insects and their habitats, 349, 404.

Brown, K. S. (1997). Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect conservation*, 1(1), 25-42.

Cabeza, M., Arponen, A., Jäätelä, L., Kujala, H., van Teeffelen, A., & Hanski, I. (2010). Conservation planning with insects at three different spatial scales. *Ecography (Copenhagen)*, 33(1), 54-63. doi:10.1111/j.1600-0587.2009.06040.x

Cai, D., Fraedrich, K., Guan, Y., Guo, S., Zhang, C., Carvalho, L., & Zhu, X. (2019). Causality of Biodiversity Loss: Climate, Vegetation, and Urbanization in China and America. *Sensors*, 19(20), 4499.

Cardozo, A. C., & Ríos, O. V. (2004). El banco de semillas germinable de especies leñosas en dos bosques subandinos y su importancia para la restauración ecológica (reserva biológica Cachalú-Santander. Colombia). *Colombia forestal*, 8(17), 60-74.

Carrasco, I. C. (2010). Modelos lineales generalizados (GLM). *ACADEMIA*.

Cerpa, J. M. P., & Flórez, G. R. (2016). Mariposas diurnas de tres fragmentos de bosque seco tropical del alto valle del Magdalena. Tolima-Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(28), páginas-57.

Chandler, D. S., & Hamilton, K. G. A. (2017). Biodiversity and Ecology of the Leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) of New Hampshire. *Transactions of the American Entomological Society*, 143(4), 773–971. doi:10.3157/061.143.0408

Chao, A., Ma, K. H., & Hsieh, T. C. (2016). User's guide for iNEXT online: Software for interpolation and Extrapolation of species diversity. *Code*, 30043, 1-14.

Chavarría Díaz, B. R., & Martínez Arauz, J. A. (2017). Evaluación de los diseños, manejo de la biodiversidad y macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, Nicaragua 2015-2016 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

Campos, D., & Fernández, F. (2002). Diversidad de insectos en Colombia. (Proyecto). Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática, Bogotá.

Caro-Caro, C. I., & Torres-Mora, M. A. (2015). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas. *Orinoquia*, 19(2), 237-252.

Corlett, R. T. (2017). Frugivory and seed dispersal by vertebrates in tropical and subtropical asia: An update. *Global Ecology and Conservation*, 11, 1-22.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.04.007>

Danserau, P. 1957. Biogeography and ecological perspective. The Royal Press. New York

Díaz Pérez, C. N., Gil Leguizamón, P. A., & Morales Puentes, M. E. (2018). Composición y estructura florística de dos bosques del piedemonte llanero.

Delvare, G. É. R. A. R. D., Aberlenc, H. P., Michel, B. R. U. N. O., & FIGUEROA, A. (2002). Los insectos de África y de América tropical claves para la identificación de las principales familias. *CIRAD-Centre De Coopération Internationale En Recherche A Gronomique Pour Le Développement. Montpellier, France. 257p.*

De Szalay, F. A., & Resh, V. H. (2000). Factors influencing macroinvertebrate colonization of seasonal wetlands: responses to emergent plant cover. *Freshwater Biology*, 45(3), 295-308.

Devries, P. J., & Walla, T. R. (2001). Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological journal of the Linnean Society*, 74(1), 1-15.

Didham, R. K., Blakely, T. J., Ewers, R. M., Hitchings, T. R., Ward, J. B., & Winterbourn, M. J. (2012). Horizontal and vertical structuring in the dispersal of adult aquatic insects in a fragmented landscape. *Fundamental and Applied Limnology*, 180(1), 27-40. doi:10.1127/1863-9135/2012/0243

Duarte, S., López Almirall, A. (2020). Diversidad de insectos asociados a siete cultivos en el sistema de cultivo organopónico “1ro de julio” de La Habana. *Revista Científica*

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

Agroecosistemas, 8(2), 58-65.

Esteban, L., Montes, J. M., & Angulo, V. M. (2017). Diversity of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) in Santander, Colombia: epidemiological implications. *Biomédica*, 37(1), 42-52.

Farfán, F. F. (2019). *Descripción de la estructura del dosel arbóreo al interior de un sistema agroforestal con café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).

Fassbender, H. W. (1993). Modelos edafológicos de sistemas agroforestales (No. 29). Bib. Orton IICA/CATIE.

Ferro-Díaz, J. (2015). Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. *Revista ECOVIDA*, 5(1), 139-186. Fuentes, A., Rivera, N., & Pinos, R. (2012). Software estadístico para regresión. El caso de regresión logística y regresión Poisson (Bachelor's thesis).

Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E., ... & Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 16(1).

GLOBE Program (US). (2002). *GLOBE Program Teacher's Guide*. US National Oceanic and Atmospheric Administration, GLOBE Program.

González, D. E., Martín, J. H., Galindo, M. S., & Fernández, J. (2014). Insectos asociados entre un cultivo de curuba y un fragmento de bosque Alto Andino de la Sabana de Bogotá. *INVENTUM*, 9(16), 9-16.

Gómez, J. A. U. Importancia de los insectos y los servicios ecosistémicos asociados para el desarrollo sostenible de nuestro país. *La actividad forestal es clave para el desarrollo sustentable y competitivo del país*.

Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M. D., & Martínez-Yáñez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta*

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima
zoológica mexicana, 32(3), 370-379.

Hagler, J. R., & Jackson, C. G. (2001). Methods for marking insects: current techniques and future prospects. *Annual review of entomology*, 46(1), 511-543.

Hammer, Ø. (2009). PAST: Reference Manual. Eretnet.in.
http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/cistup_TR1/past%20Manual.pdf

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. <http://palaeo-electronica.org/20011/past/issue101.htm>

Harvey, C. A., Alpízar, F., Madrigal, R., Stoian, D., Gobbi, J., Otárola, M., ... & de Desarrollo, B. I. (2006). Actividad 1.1.: Mejores prácticas de manejo para asegurar la provisión de servicios ecológicos en sistemas agrícolas y forestales en América Latina (No. publication-detail, 7101.html? id= 68435). Inter-American Development Bank.

Herrera, J., Cadena, P., & Sanclemente, A. (2005). Diversidad de la artropofauna en monocultivo y policultivo de maíz (*Zea Mays*) y habichuela (*Phaseolus Vulgaris*).

Henao, E. R., & Ospina, K. A. (2008). Insectos benéficos asociados a cultivos de heliconias en el eje cafetero colombiano. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 12(1), 157-166.

Hidalgo-Gato, M. M., Rodríguez-León, R., Ricardo, N. E., & Ferrás, H. (1999). Dinámica poblacional de cicadélidos (Homoptera: Cicadellidae) en un agroecosistema cañero de Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 47(3), 503-512.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (s. f.). Los futuros entomólogos de nuestro país: visita a la Reserva Agroecológica Santa Librada del Líbano (Tolima). Recuperado 3 de febrero de 2022, de <http://www.humboldt.org.co/es/noticias/actualidad/item/988-entomologia-libano>

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

Jonas, J. L., & Joern, A. (2008). Host-plant quality alters grass/forb consumption by a mixed-feeding insect herbivore, *Melanoplus bivittatus* (Orthoptera: Acrididae). *Ecological Entomology*, 33(4), 546-554.

Juan Márquez Luna. Técnicas de colecta y preservación de insectos

Korpela, E., Hyvonen, T., & Kuussaari, M. (2014). Logging in boreal field-forest ecotones promotes flower-visiting insect diversity and modifies insect community composition. *Insect Conservation and Diversity*.

León-Gamboa, A. L., Ramos, C., & García, M. R. (2010). Efecto de plantaciones de pino en la artropofauna del suelo de un bosque Altoandino. *Revista de Biología Tropical*, 58(3), 1031-1048.

López, A. M. C., & Hernández, V. H. T. (2010). Biodiversidad de artrópodos del dosel. II Taller Internacional de Recursos Naturales.

Lozano-Zambrano, F. H. (2009, November). Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. CAR.

Luna, J. M. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín sociedad entomológica Aragonesa*, 37, 385-408.

MacArthur, R. H. (1965). Pattern of species diversity. *Biological Reviews*, 40, 510-533.

Madrigal, L. A., & Vargas-Chacón, V. (2016). Densidad del estrato herbáceo y su relación con luminosidad, pH y cantidad de hojarasca en la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, San Ramón, Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 8(2), 195-199.

Mcgavin, G. C. G., Steve, I., & Foster, W. (2000) *Manual De Identificacion De Insectos: Arañas, Y Otros Artropodos Terrestres/George C. Mcgavin* (No. 595.7 M343m 2000.).

Mendoza Moreno, L. V. (2021). Grupos funcionales de insectos y su relación con tres hábitats con diferente disturbio, en la Reserva Agroecológica Santa Librada y zonas de influencia, Líbano,

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima
Tolima.

Ministerio De Medio Ambiente Y Desarrollo Sostenible. (2003). Guía Metodológica para la Valoración Económica De Bienes, Servicios Ambientales Y Recursos Naturales. Bogotá, Bogotá D.C, Colombia.

Ministerio De Medio Ambiente Y Desarrollo Sostenible (2010). Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE).

Mohamad. (2016). *Apéndice B: Criterio de Información Akaike (AIC)*.
<https://support.numxl.com>. <https://support.numxl.com/hc/es/articles/215531083-Apéndice-B-Criterio-de-Información-Akaike-AIC->

Muadsub, S., & Pinkaew, N. (2014). *Sirindhornia Pinkaew and Muadsub (Lepidoptera: Tortricidae), a new enarmoniine genus from Thailand*. Zootaxa, 3869(1), 53-63.

Narváez, Z. (2003). Entomofauna agrícola venezolana.

Navarro, P., Ottone, N. E., Acevedo, C., & Cantín, M. (2017). Pruebas estadísticas utilizadas en revistas odontológicas de la red SciELO. Avances en odontoestomatología, 33(1), 25-32.

Palacino Rodríguez, Fredy & Sánchez Contreras, Natalia. (2014). Does experimental marking of wings influence resighting success in *Mesamphiagrion laterale* and *Erythrodiplax umbrata*? (Odonata: Coenagrionidae, Libellulidae). Odonatologica. 43. 237-246.

Pantoja, A. (1997). *MIP en Arroz: Manejo integrado de plagas; Artrópodos, enfermedades y malezas* (Vol. 292). CIAT.

Pedro, L. F. D. (2015). Invernaderos en regiones tropicales y sub-tropicales. Balance de energía, diseño y manejo del ambiente físico (Doctoral dissertation).

Rangel-Ch, J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 39(151), 176-200.

Pinedo-Escatel, J. A., & Moya-Raygoza, G. (2018). Riqueza taxonómica de chicharritas

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

(Hemiptera: Cicadellidae) occidentales en cultivos relacionados a vegetación silvestre en México. *Entomol. Mex.*, 5, 593-599.

Presa, J. J., Montes, C., & Ramírez-Díaz, L. (1983). Tipificación de poblaciones de saltamontes (Orth. Acrididae) en relación con la altitud, pisos y tipos de vegetación en la Sierra de Guadarrama (Sistema Central, España). *Bol. Asoc. esp. Entom.*, 6(2), 249-265.

Razowski, J. (2013). An assessment of the tortricid (Lepidoptera: Tortricidae) fauna of Seram Island, Indonesia. *Acta zoologica cracoviensia*, 56(2), 29-89

R-cuad. de desviación. (s/f). Minitab. Recuperado el 4 de mayo de 2022, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression/how-to/fit-binary-logistic-model/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/model-summary-statistics/>

Rocha-Ortega, M., & Favila, M. E. (2013). The recovery of ground ant diversity in secondary Lacandon tropical forests. *Journal of Insect Conservation*, 17(6), 1161-1167.

Rocha-Ortega, M., Arnan, X., Ribeiro-Neto, J. D., Leal, I. R., Favila, M. E., & Martínez-Ramos, M. (2018). Taxonomic and functional ant diversity along a secondary successional gradient in a tropical forest. *Biotropica*, 50(2), 290-301.

RPubs - ANOVA con R. (s/f). Rpubs.com. Recuperado el 1 de mayo de 2022, de https://rpubs.com/Joaquin_AR/219148

RPubs - Post-Hoc Analysis with Tukey's Test. (s/f). Rpubs.com. Recuperado el 1 de mayo de 2022, de <https://rpubs.com/aaronsc32/post-hoc-analysis-tukey>

Rubio, H. R., & Aguirre, J. I. (2014). Estudio sobre el efecto de la influencia antrópica en las poblaciones de aves de tres parques de Madrid.

Ruiz-Jaén, M. C., & Aide, T. M. (2005). Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. *Forest Ecology and Management*, 218(1-3), 159-

173.

(S/f). Scientific-european-federation-osteopaths.org. Recuperado el 1 de mayo de 2022, de <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/PRUEBAS-POST-HOC.pdf>

Salmerón López, A., Geada López, G., & Fagilde Espinoza, M. D. C. (2017). Propuesta de un índice de diversidad funcional: Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental. *Bosque (Valdivia)*, 38(3), 457-466.

Samways, M. J., Barton, P. S., Birkhofer, K., Chichorro, F., Deacon, C., Fartmann, T., ... & Cardoso, P. (2020). Solutions for humanity on how to conserve insects. *Biological Conservation*, 242, 108427.

Silveira Martínez, E. D. (2015). Estudio comparativo de la vegetación y cobertura del suelo bajo plantaciones forestales y campo natural.

Szűcs, M., Schaffner, U., Price, W. J., & Schwarzländer, M. (2012). Post-introduction evolution in the biological control agent *Longitarsus jacobaeae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Evolutionary Applications*, 5(8), 858-868.

STEYSKAL, G. C., W. L. MURPHY & E. M. HOOVER (Eds.) 1986. Insects and mites: Techniques for collection and preservation. U. S. Department of Agriculture, Miscellaneous Publication No. 1443.

Vergara Varela, H. (2015). Patrones de la vegetación y tipos de uso de la tierra en el valle del Patía. *Colombia Forestal*, 18(1), 25-45.

Villamizar, E., & Hernández-Urrieta, J (2015). Análisis de interacciones génicas entre los locus white y Bar e interacciones alélicas entre white y white apricot en *Drosophila melanogaster* (Díptera: Drosophilidae).

Villareal, H. M., Álvarez, M., Córdoba-Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., ... &

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

Umaña, A. M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad.

Wills, C., Condit, R., Foster, R. B., & Hubbell, S. P. (1997). Strong density-and diversity-related effects help to maintain tree species diversity in a neotropical forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(4), 1252-1257.

Zumbado Arrieta, M. A., & Azofeifa Jiménez, D. (2018). INSECTOS de importancia agrícola: Guía básica de entomología Costa Rica y Centroamérica (No. Bajados de internet/2018). PNAO (Programa Nacional de Agricultura Orgánica).

11 Anexos*Anexo 1. Abundancias por morfoespecies de insectos en la Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas
de influencia*

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
Blattodea	Ectobiidae	M1	19	0	67
		M2	13	135	91
	Termitidae	M3	0	0	483
	Blattidae	M4	13	132	363
		M5	0	0	113
Coleoptera	Cerambycidae	M32	0	0	52
		M61	38	76	63
	Chrysomelidae	M7	150	72	0
		M10	737	496	AB
		M11	500	387	0
		M14	23	0	24
		M36	69	142	0
		M39	0	0	53
		M40	0	0	168
		M42	0	0	68
		M43	0	0	998
		M44	0	81	87
		M46	0	0	55
		M47	182	30	12
		M49	0	0	119
		M52	0	31	228
		M54	0	0	66
		M56	0	0	54
		M60	0	111	0
		M67	0	0	166
		M70	0	0	281
		M72	0	0	107
		M73	0	0	30
		M74	0	0	52
		M78	0	0	186
		M35	36	12	46
		M59	38	0	32
		M68	200	140	12
		M15	63	52	32
		M16	23	3	43
		M19	150	141	32
	M21	56	54	99	
M22	24	37	3		
M24	23	47	57		
M25	157	103	38		
M27	10	12	15		

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
		M29	381	418	120
		M30	85	152	179
		M31	1	25	283
	Dryophthoridae	M20	47	14	0
		M23	23	70	3
		M6	8	0	3
		M79	1	0	40
	Elateridae	M17	9	11	6
		M34	9	5	20
		M66	0	150	360
	Geotrupidae	M77	0	0	16
	Histeridae	M55	786	588	162
	Hydrophilidae	M65	113	195	78
	Languriidae	M9	87	39	0
	Lycidae	M28	31	24	20
		M37	0	0	110
		M57	0	200	243
		M62	13	32	76
	Meloidae	M41	139	178	0
		M48	0	29	39
		M50	0	15	122
		M64	0	0	131
	Microsporidae	M12	641	566	510
		M13	479	274	310
		M51	0	0	93
	Nitidulidae	M80	0	0	1245
		M75	0	0	67
	Passalidae	M76	21	2	98
	Scarabaeidae	M26	4	27	13
		M63	32	124	355
	Silphidae	M38	0	0	149
	Staphylinidae	M8	13	0	103
		M58	0	0	206
		M69	0	0	83
		M45	16	39	24
		M53	55	90	158
	Syphilinidae	M33	23	0	65
	Tenebrionidae	M18	12	12	42
		M71	1032	971	1445
Diptera	Agromyzidae	M163	371	485	84
	Bibionidae	M96	2	0	3
		M98	45	26	78
	Calliphoridae	M95	20	0	28
		M103	89	40	68
		M114	34	43	21
	Cecidomyiidae	M94	107	87	81
		M107	140	99	0

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
		M108	0	0	55
	Ceratopogonidae	M101	0	0	112
	Chironomidae	M125	3	0	25
	Chloropidae	M92	168	84	37
		M93	79	97	42
		M149	0	0	61
		M159	39	18	18
		M162	415	304	371
	Conopidae	M104	22	20	10
		M112	57	39	22
		M131	53	28	43
	Culicidae	M89	72	90	47
		M109	60	136	135
		M135	445	375	375
		M154	76	12	227
	Dolichopodidae	M90	37	24	13
	Drosophilidae	M83	157	80	45
		M115	168	126	31
		M132	21	170	130
	Muscidae	M121	0	0	66
		M136	0	63	281
		M138	13	53	33
	Mycetophilidae	M146	0	0	95
		M148	181	220	245
		M150	143	110	101
		M151	335	223	152
		M152	235	201	189
		M156	0	0	174
	Neriidae	M130	0	62	115
		M140	0	0	67
		M111	2	3	21
	Pantophthalmidae	M143	0	0	65
		M88	181	179	92
	Phoridae	M122	129	154	99
		M123	136	140	64
		M161	0	185	1023
	Piophilidae	M127	52	86	22
		M129	351	662	845
		M133	0	0	269
	Platystomatidae	M158	87	31	63
	Richardiidae	M100	41	39	31
		M106	29	24	39
		M137	0	67	212
		M139	14	101	203
		M157	63	29	107
	Sarcophagidae	M99	47	41	24
	Sciaridae	M120	78	66	0

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
		M160	4	10	25
	Stratiomyidae	M113	98	32	59
		M117	32	52	15
	Syrphidae	M82	780	649	165
		M110	23	10	50
		M116	137	103	0
		M128	0	0	27
		M134	84	124	163
		M144	2	16	81
		M147	0	0	105
		M153	0	47	59
		M81	104	38	6
	Tabanidae	M142	0	82	18
	Tenthredinidae	M102	57	44	33
	Tephritidae	M86	70	95	47
		M91	26	42	0
		M124	69	126	51
		M126	154	63	99
		M155	154	62	29
		M97	26	12	37
	Tipulidae	M84	29	16	48
		M105	3	0	15
		M119	139	210	334
		M141	0	8	62
	Ulidiidae	M118	52	27	31
		M145	0	27	62
		M85	100	70	100
		M87	37	32	44
Entomobryomorpha	Paronellidae	M164	0	0	85
Hemiptera	Lygaeidae	M183	275	137	66
	Alydidae	M239	26	116	115
		M191	158	119	61
		M222	48	21	5
		M232	11	38	12
		M247	386	717	648
		M243	17	39	13
	Anthocoridae	M229	78	121	0
		M261	0	0	138
	Aphrophoridae	M266	0	0	135
	Berytidae	M165	780	776	243
		M176	206	163	0
		M204	115	163	79
		M205	142	62	0
		M216	0	44	54
		M257	0	189	60
	Cercopidae	M166	41	18	29
		M178	55	0	41

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
		M248	0	34	74
		M242	166	143	111
	Cicadellidae	M170	617	485	196
		M171	152	85	18
		M172	112	39	23
		M179	554	667	0
		M181	92	32	57
		M182	25	16	24
		M214	23	10	6
		M223	99	114	0
		M228	224	125	74
		M233	0	121	191
		M234	35	166	100
		M236	0	89	122
		M237	0	9	128
		M244	0	0	25
		M256	280	268	119
		M272	6	0	50
		M202	230	484	0
		M206	109	12	0
		M225	486	438	102
		M264	0	134	136
		M268	27	0	121
	Cicadidae	M184	0	2	1
	Cixiidae	M192	31	43	25
		M218	38	42	0
	Coreidae	M197	7	0	0
		M217	35	3	0
	Derbidae	M208	51	42	0
		M250	0	129	149
		M251	0	173	133
		M252	61	170	93
		M253	0	0	39
		M254	94	85	116
		M263	0	0	21
		M259	0	5	101
	Fulgoridae	M199	59	8	3
		M262	0	0	111
	Gelastocoridae	M269	0	2	13
	Gerridae	M174	131	107	50
		M219	35	54	0
		M235	111	104	0
		M240	24	0	43
		M241	33	61	51
		M249	0	0	109
	Hebridae	M173	66	51	101
	Lygaeidae	M177	158	310	12

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
		M212	218	429	0
		M220	37	41	18
		M226	0	0	53
	Membracidae	M175	156	86	11
		M180	115	98	14
		M186	24	0	6
		M213	52	0	14
		M267	0	36	131
	Mesoveliidae	M203	131	375	0
		M227	981	0	0
		M230	89	61	0
		M231	50	14	48
	Pentatomidae	M167	136	110	54
		M188	22	11	16
		M198	72	72	27
		M210	0	0	206
		M215	0	0	28
		M238	0	68	14
		M246	0	0	51
		M260	27	23	61
		M168	125	61	19
		M270	5	2	63
		M271	2	3	34
	Pyrrhocoridae	M221	16	23	0
		M224	28	31	16
		M265	0	50	61
		M185	98	21	59
		M189	47	43	5
		M193	78	46	0
		M194	49	14	8
		M195	60	38	0
		M196	119	128	139
		M200	126	139	131
		M201	17	27	19
		M207	27	27	6
		M209	51	0	0
	Reduviidae	M190	0	0	57
		M211	10	0	27
		M245	32	79	32
		M255	0	19	36
		M258	14	53	10
		M169	19	18	12
	Scutelleridae	M187	0	0	7
Hymenoptera	Apidae	M283	19	34	16
		M288	24	14	42
		M294	87	65	57
		M302	89	90	0

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
	Bethylidae	M314	25	8	18
		M320	5	9	14
	Braconidae	M275	117	0	0
		M276	70	15	33
		M292	64	107	25
		M297	65	32	65
		M305	31	16	22
		M306	48	46	0
		M319	0	0	139
		M336	0	0	99
		M330	53	184	103
		M332	14	13	7
	Ceraphronidae	M323	0	0	68
	Chalcididae	M303	0	21	36
		M315	0	57	30
		M322	21	45	24
		M278	47	98	14
	Colletidae	M277	24	13	0
		M313	0	28	100
	Diapriidae	M324	0	111	213
	Eupelmidae	M279	25	10	0
	Formicidae	M282	3252	3014	2015
		M291	1132	1144	539
		M296	926	1286	75
		M311	231	117	873
		M312	0	691	1677
		M317	0	222	642
		M318	24	17	37
		M321	0	0	1602
		M328	2486	2099	1923
		M329	797	1214	1955
		M333	1007	914	862
		M334	0	0	4632
		M335	0	0	1844
		M337	775	599	1257
		M308	465	60	355
	Gasteruptiidae	M309	0	0	79
	Halictidae	M301	0	0	27
		M310	82	52	0
	Ichneumonidae	M274	31	0	5
		M284	27	5	8
		M295	34	0	41
		M316	31	57	43
		M325	86	111	47
		M331	26	46	23
	Pamphilidae	M293	5	0	7
	Pergidae	M327	42	58	82

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
	Pompilidae	M289	26	22	0
		M326	0	0	183
	Rhopalosomatidae	M281	3	12	12
	Scoliidae	M285	46	14	12
		M290	12	29	52
		M300	6	0	19
		M304	17	21	16
	Tenthredinidae	M280	65	21	87
		M286	58	35	22
		M287	67	0	16
		M299	46	36	68
	Vespidae	M273	3	26	0
		M298	14	19	16
		M307	11	18	9
	Lepidoptera	Crambidae	M351	32	58
Erebidae		M368	0	0	1
		M343	3	2	0
Geometridae		M352	0	0	3
		M365	0	0	5
		M382	34	82	17
		M338	67	60	31
		M345	77	70	25
Hepialidae		M364	0	0	2
Hesperiidae		M349	0	17	34
		M356	6	16	3
		M358	61	57	18
Lycaenidae		M339	510	325	0
Nymphalidae		M342	240	109	49
		M347	49	33	12
		M354	26	62	0
		M357	80	17	3
		M359	13	18	34
		M360	82	41	2
		M361	31	3	29
		M362	84	46	6
		M363	5	7	23
		M371	18	11	1
		M375	14	12	13
		M379	0	37	40
M380		41	79	25	
M381		0	22	23	
M383	2	0	0		
M384	33	0	40		
M389	0	0	92		
M395	0	2	29		
M396	0	1	24		
M401	0	0	51		

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
		M402	0	0	100
		M403	30	35	55
		M404	2	1	5
		M405	0	0	40
		M340	137	121	51
		M341	64	68	12
	Papilionidae	M376	15	16	57
		M397	0	0	89
	Pieridae	M344	70	62	54
		M353	33	24	12
		M390	86	71	13
		M392	65	39	34
		M348	65	67	21
	Riodinidae	M370	67	3	3
		M377	262	52	28
		M378	28	13	37
		M385	4	22	26
		M388	46	38	13
		M391	21	33	18
		M393	0	0	98
		M400	20	43	66
		M346	68	36	28
	Saturnidae	M350	27	22	10
		M372	0	0	2
		M373	0	0	1
		M374	0	0	5
	Tortricidae	M355	163	119	61
		M366	177	91	77
		M367	138	92	57
		M369	334	159	27
		M386	218	130	54
		M387	136	75	45
		M394	0	0	96
		M399	148	213	137
Mantodea	Liturgusidae	M407	1	0	1
	Mantidae	M408	0	1	0
	Thespidae	M406	1	0	0
Neuroptera	Chrysopidae	M410	0	0	64
	Sisyridae	M463	0	74	179
		M409	179	13	0
Odonata	Coenagrionidae	M411	1	0	1
		M413	0	0	5
		M414	0	0	38
	Libellulidae	M412	1	0	0
	Myrmeleontidae	M415	2	0	8
Orthoptera	Acrididae	M429	250	13	66
		M431	96	123	28

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
		M417	433	353	111
		M420	35	0	0
		M422	12	46	74
		M426	558	261	0
		M427	200	203	72
		M428	117	88	10
		M433	17	0	1
		M435	23	0	14
		M436	88	37	84
		M437	92	56	37
		M438	27	0	16
		M439	5	0	0
		M444	67	54	0
		M446	20	9	0
		M447	55	77	37
		M448	45	109	68
		M451	93	77	366
		M457	0	0	83
		M458	132	105	168
		M441	0	8	0
	Diapheromeridae	M418	19	0	10
	Eumastacidae	M419	71	60	21
		M442	12	60	8
		M443	10	31	17
		M445	29	0	0
	Grillidae	M425	13	0	2
		M452	27	0	47
		M453	19	13	12
		M455	73	70	198
	Rhaphidophoridae	M450	21	27	76
	Terigridae	M459	27	12	52
		M424	77	39	26
		M434	137	43	57
		M454	86	99	109
		M456	141	45	81
		M460	0	0	129
	Tetiigoniidae	M432	13	57	3
		M416	490	249	38
		M421	16	6	37
		M423	5	15	1
		M430	179	205	14
		M440	126	63	0
		M449	42	25	36
Odonata	Coenagrionidae	M411	1	0	1
		M413	0	0	5
		M414	0	0	38
	Libellulidae	M412	1	0	0

Ana Camila Venegas Diversidad de insectos y su relación con características de la vegetación
 en La Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia, Tolima

Orden	Familia	Morfoespecie	Cob_1	Cob_2	Cob_3
	Myrmeleontidae	M415	2	0	8
Phasmatodea	Phasmatidae	M461	1	0	0
	Pseudophasmatidae	M462	0	0	3
Trichoptera	Hydroptilidae	M398	0	0	257

Anexo 2. Morfoespecies de insectos en la Reserva Agroforestal Santa Librada y áreas de influencia

Orden	Familia	Genero	Morfotipo	Cob_1	Cob_2	Cob_3
Alismatales	Araceae	<i>Alocasia sp.</i>	M7	P	P	A
			M32	A	A	P
Apiales	Araliaceae	<i>Tetrapanax sp.</i>	M34	A	A	P
Areciales	Arecaceae	<i>Chamaedorea sp.</i>	M37	A	A	P
			M54	A	A	P
		<i>Astrocarym sp.</i>	M38	A	P	P
		<i>Aiphanes sp.</i>	M77	A	P	A
Asparagales	Aspargaceae	<i>Dracaena sp.</i>	M44	A	P	A
		<i>Cordyline sp.</i>	M78	A	P	P
Asterales	Asteraceae	<i>Conyza sp.</i>	M14	A	P	A
		<i>Galinsoga sp.</i>	M11	P	A	A
	Compositae	<i>Melampodium sp.</i>	M21	P	P	A
		<i>Piptocarpha sp.</i>	M82	A	P	A
Boraginales	Boraginaceae	<i>Cordia sp.</i>	M96	A	P	P
Caryophyllales	Caryophyllaceae	<i>Saponaria sp.</i>	M10	P	P	A
	Phytolaccaceae	<i>Rivina sp.</i>	M55	A	A	P
		<i>Petiveria sp.</i>	M86	P	A	A
		<i>Talinum sp.</i>	M80	P	P	A
Commelinales	Commelinaceae	<i>Commelina sp.</i>	M88	P	A	A
Cucurbitales	Cucurbitaceae	<i>Lagenaria sp.</i>	M9	P	A	P
		<i>Momordica sp.</i>	M72	P	A	A
		<i>Sechium sp.</i>	M74	P	P	A
		<i>Rytidostylis sp.</i>	M89	P	P	A
Dipsacales	Caprifoliaceae	<i>Lonicera sp.</i>	M24	A	A	P
Discoreales	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea sp.</i>	M35	A	A	P
Fabales	Leguminosae	<i>Demodium sp.</i>	M16	P	P	A
		<i>Mimosa sp.</i>	M20	P	P	A

			M75	P	P	A
		<i>Inga sp.</i>	M31	A	A	P
		<i>Adenanthera sp.</i>	M39	A	A	P
		<i>Albizia sp.</i>	M48	A	P	P
		<i>Gliricidia sp.</i>	M94	A	P	A
	Fabaceae	<i>Erythrina sp.</i> (<i>Erythrina poeppigiana</i>)	M92	A	A	P
		<i>Erythrina sp.</i> (<i>Erythrina fusca</i>)	M93	A	P	P
Gentianales	Rubiaceae	<i>Coffea sp.</i>	M56	P	P	P
		<i>Mitracarpus sp.</i>	M79	A	P	A
		<i>Richardia sp.</i>	M84	A	P	A
		<i>Hamelia sp.</i>	M47	A	A	P
			M85	P	P	A
Lamiales	Acanthaceae	<i>Aphelandra sp.</i>	M27	A	A	P
		<i>Thunbergia sp.</i>	M65	A	P	P
			M76	A	P	A
	Scrophulariaceae	<i>Scrophularia sp.</i>	M81	P	P	A
	Verbenaceae	<i>Lantana sp.</i>	M62	A	P	A
Liliales	Liliaceae	<i>Clintonia sp.</i>	M45	A	A	P
Malpighiales	Clusiaceae	<i>Calophyllum sp.</i>	M8	P	P	A
		<i>Manihot sp.</i>	M3	P	A	A
	Euphorbiaceae	<i>Acalypha sp.</i>	M53	A	A	P
		<i>Fontainea sp.</i>	M91	A	A	P
Malvales	Malvaceae	<i>Ceiba sp.</i>	M1	A	A	P
		<i>Theobroma sp.</i>	M5	P	P	P
		<i>Sida sp.</i>	M58	A	P	A
Myrtales	Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>	M22	A	A	P
		<i>Clidemia sp.</i>	M25	A	A	P
	Myrtaceae	<i>Psidium sp.</i>	M87	A	P	A
Pandanales	Cyclanthaceae	<i>Carludovica sp.</i>	M4	P	A	P
Piperales	Piperaceae	<i>Piper sp.</i>	M19	A	P	A
		<i>Pothomorphe sp.</i>	M66	P	P	A
	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia sp.</i>	M73	P	A	A
Poales	Cyperaceae	<i>Cyperus sp.</i>	M70	P	A	A
		<i>Paspalum sp.</i>	M12	A	P	A
	Poaceae	<i>Carex sp.</i>	M13	A	P	A
		<i>Sorghum sp.</i>	M15	P	P	A

		<i>Guadua sp.</i>	M30	A	P	P	
		<i>Cenchrus sp.</i>	M71	A	P	A	
		<i>Bambusa sp.</i>	M83	A	P	P	
Polypodiales	Tectariaceae	<i>Tectaria sp.</i>	M33	A	P	P	
	Blechnaceae	<i>Woodwardia sp.</i>	M41	P	P	P	
	Thelypteridaceae	<i>Chistella sp.</i>	M63	A	P	P	
		<i>Macrothelypteris sp.</i>	M69	A	P	P	
Rosales	Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	M59	A	A	P	
		<i>Urera sp.</i>	M23	A	P	A	
	Urticaceae		M28	A	P	P	
		<i>Cecropia sp.</i>	M51	A	P	P	
		<i>Boehmeria sp.</i>	M67	A	A	P	
Sapindales	Anacardiaceae	<i>Mangifera sp.</i>	M61	A	P	A	
	Rutaceae	<i>Citrus sp.</i>	M2	A	P	P	
		<i>Murraya sp.</i>	M90	A	A	P	
	Meliaceae	<i>Cedrela sp.</i>	M95	A	A	P	
Solanales	Convolvulaceae	<i>Merremia sp.</i>	M29	A	A	P	
		<i>Ipomoea sp.</i>	M60	A	P	A	
	Solanaceae	<i>Brunfelsia sp.</i>	M64	A	P	P	
Zingiberales	Musaceae	<i>Musa sp.</i>	M6	P	P	A	
	Cannaceae	<i>Canna sp.</i>	M18	A	P	A	
				M52	P	P	P
	Heliconiaceae	<i>Heliconia sp.</i>		M68	A	P	P
				M17	P	P	A
				M26	A	P	P
				M40	A	A	P
	Marantaceae	<i>Calathea sp.</i>		M46	A	P	P
				M49	A	P	P
				M50	A	A	P
				M42	A	A	P
	Zingiberaceae	<i>Alpin sp.</i>	M42	A	A	P	
<i>Zingiber sp.</i>		M43	A	A	P		
			M36	A	A	P	
Número de morfoespecies por sitio				29	58	54	

Anexo 3. Resultados en Rstudios de modelos lineales generalizados para correlación de riqueza y abundancia de insectos por cobertura vegetal.

```

> dat<- read.csv("Datos - copia.csv", header = TRUE, sep = ";")
> names(dat)
[1] "Diversidad"      "Cobertura"      "Abundancia.Insectos"
[4] "Riqueza.Insectos" "DAP"           "Porcentaje.cobertura"
[7] "Riqueza.de.plantas"
> attach(dat)
> a<-glm(Riqueza.Insectos~Cobertura+Riqueza.de.plantas+Abundancia.Insectos, family=poisson, data=dat)
> anova(a, test="Chisq")
Analysis of Deviance Table

Model: poisson, link: log
Response: Riqueza.Insectos

Terms added sequentially (first to last)

              Df Deviance Resid. Df Resid. Dev Pr(>Chi)
NULL                2      8.2787      0      8.2787  0.01593 *
Cobertura           2      8.2787      0      0.0000  0.01593 *
Riqueza.de.plantas  0      0.0000      0      0.0000
Abundancia.Insectos 0      0.0000      0      0.0000
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(a)

Call:
glm(formula = Riqueza.Insectos ~ Cobertura + Riqueza.de.plantas +
    Abundancia.Insectos, family = poisson, data = dat)

Deviance Residuals:
[1]  0  0  0
Coefficients: (2 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    6.00389    0.04969  120.826 <2e-16 ***
CoberturaCobertura Baja -0.18380    0.07373  -2.493  0.0127 *
CoberturaCobertura Media -0.18084    0.07367  -2.455  0.0141 *
Riqueza.de.plantas      NA          NA      NA      NA
Abundancia.Insectos     NA          NA      NA      NA
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 8.2787e+00 on 2 degrees of freedom
Residual deviance: 1.4877e-13 on 0 degrees of freedom
AIC: 29.162

Number of Fisher Scoring iterations: 2
> R2: 1-1.4877e-13/(8.2787e+00)
[1] 1

> a<-glm(Abundancia.Insectos~Cobertura, family=poisson, data=dat)
> anova(a, test="Chisq")
Analysis of Deviance Table

Model: poisson, link: log
Response: Abundancia.Insectos

Terms added sequentially (first to last)

              Df Deviance Resid. Df Resid. Dev Pr(>Chi)
NULL                2     1510.9      0     1510.9
Cobertura           2     1510.9      0      0.0 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(a)

Call:
glm(formula = Abundancia.Insectos ~ Cobertura, family = poisson,
    data = dat)

Deviance Residuals:
[1]  0  0  0
Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   10.882791    0.004333  2511.36 <2e-16 ***
CoberturaCobertura Baja -0.193554    0.006447  -30.02 <2e-16 ***
CoberturaCobertura Media -0.234346    0.006520  -35.94 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 1.5109e+03 on 2 degrees of freedom
Residual deviance: -8.5616e-12 on 0 degrees of freedom
AIC: 43.734

Number of Fisher Scoring iterations: 2
>R2: 1-(-8.5616e-12)/(1.5109e+03)
[1] 1
    
```

*Anexo 4. Pruebas Post-Hoc en software R Studios para comparación de medidas de riqueza y
abundancia de insectos en función de cobertura vegetal.*

```
glm.posthoc <- glm(Riqueza.Insectos~-1 + sxt, data=dat, family="poisson", weights=rep(3, nrow(dat)))
> Treat.comp<-glht(glm.posthoc,mcp(sxt='Tukey'))
> summary(Treat.comp)

                    Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: glm(formula = Riqueza.Insectos ~ -1 + sxt, family = "poisson",
          data = dat, weights = rep(3, nrow(dat)))

Linear Hypotheses:

                                                          Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
Cobertura Baja - Cobertura Alta == 0   -0.183804    0.042570  -4.318   <1e-04 ***
Cobertura Media - Cobertura Alta == 0   -0.180841    0.042535  -4.252   <1e-04 ***
Cobertura Media - Cobertura Baja == 0    0.002963    0.044444   0.067    0.998
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

> dat$sxt<- interaction(dat$Cobertura)
> glm.posthoc <- glm(Riqueza.de.plantas~-1 + sxt, data=dat, family="poisson", weights=rep(3, nrow(dat)))
> Treat.comp<-glht(glm.posthoc,mcp(sxt='Tukey'))
> summary(Treat.comp)

                    Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

> dat$sxt<- interaction(dat$Cobertura)
> glm.posthoc <- glm(Abundancia.Insectos~-1 + sxt, data=dat, family="poisson", weights=rep(3, nrow(dat)))
> Treat.comp<-glht(glm.posthoc,mcp(sxt='Tukey'))
> summary(Treat.comp)

                    Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: glm(formula = Abundancia.Insectos ~ -1 + sxt, family = "poisson",
          data = dat, weights = rep(3, nrow(dat)))

Linear Hypotheses:

                                                          Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
Cobertura Baja - Cobertura Alta == 0   -0.193554    0.003722  -52.00   <2e-16 ***
Cobertura Media - Cobertura Alta == 0   -0.234346    0.003765  -62.25   <2e-16 ***
Cobertura Media - Cobertura Baja == 0   -0.040793    0.003938  -10.36   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)
```