

Diversidad de insectos terrestres y de dosel en tres robledales (*Quercus humboldtii*) de la
provincia de García Rovira en Santander, Colombia

Yurany Cristina Conde Calderón, Lizeth Adriana Valbuena Martínez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Forestal

Director

Diego Suescún Carvajal

MSc en Bosques y Conservación Ambiental

Codirector

Doris Duarte Hernández

MSc en Manejo, Uso y Conservación del Bosque

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED)

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Dedicamos este estudio a Dios, quien nos ha brindado las herramientas necesarias para culminar con éxito este trabajo académico. A nuestros queridos padres, Elvira Calderón, Hermes Conde, Martha Martínez y Raúl Valbuena, quienes han sido un apoyo incondicional a lo largo de nuestra carrera. A nuestros profesores, cuya sabiduría y guía nos han iluminado en este camino del conocimiento. También queremos expresar nuestro agradecimiento a nuestros amigos y seres queridos, cuyo aliento y ánimo han sido indispensables en los momentos difíciles. Este logro que nos acerca un paso más a convertirnos en profesionales, lo dedicamos con profundo amor y gratitud a todos aquellos que han formado parte de este viaje con nosotros. Que este trabajo sea una contribución significativa para el bienestar de la sociedad y un testimonio de nuestro compromiso con el aprendizaje y el servicio.

Agradecimientos

En primer lugar, deseamos expresar nuestra gratitud a Dios, cuya guía y fortaleza han sido fundamentales en cada paso de este proceso de investigación. Su amor incondicional y sabiduría han sido una fuente constante de inspiración y esperanza. A nuestros padres, les agradecemos profundamente por su amor, apoyo incondicional y sacrificio a lo largo de este arduo camino. Sus palabras de aliento y consejos han sido un faro en los momentos de dificultad, y su ejemplo de perseverancia nos ha motivado a seguir adelante con determinación. Queremos extender nuestro sincero agradecimiento a nuestros directores de tesis, Diego Suescún y Doris Hernández, por su invaluable orientación, conocimiento experto y dedicación a lo largo de este proyecto, su mentoría ha sido fundamental para nuestro crecimiento académico y profesional. También deseamos expresar nuestra gratitud a la entomóloga Carolina Henao por su generosidad al compartir su experiencia y conocimientos en el campo de la entomología, lo cual ha enriquecido significativamente nuestro trabajo de investigación. Expresamos nuestro reconocimiento a la universidad por brindarnos las herramientas y recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Su compromiso con la excelencia académica y la investigación nos ha proporcionado un ambiente propicio para nuestro desarrollo académico. A nuestros compañeros de estudio, les agradecemos su colaboración, amistad y apoyo mutuo a lo largo de este viaje académico. Sus contribuciones y perspectivas han enriquecido nuestra experiencia de aprendizaje y nos han inspirado a alcanzar nuestros objetivos. Agradecemos especialmente a la Corporación Autónoma de Santander (CAS) por su generoso aporte económico, el cual ha sido fundamental para llevar a cabo esta investigación. Su apoyo financiero ha permitido avanzar en este proyecto y contribuir a obtener más conocimiento en nuestro campo de estudio.

Por último, expresamos nuestro profundo agradecimiento a la empresa Eco-Rovira por su colaboración y apoyo en la realización de este estudio, su participación activa ha sido esencial para el éxito de nuestra investigación. A todas las personas e instituciones mencionadas anteriormente, les expresamos nuestro más sincero agradecimiento por su inestimable contribución a este trabajo. Sin su apoyo y colaboración, este proyecto no habría sido posible.

Tabla de contenido

Introducción	14
1. Objetivos	16
2.1 Objetivo General	16
2.2 Objetivos Específicos	16
2. Marco Teórico	17
2.1 Bosques altoandinos en Colombia	17
2.2 Mielato de roble	18
2.3 Insectos	19
2.3.1 <i>Clasificación de los insectos</i>	20
2.3.2 <i>Clasificación de los insectos según el orden trófico</i>	21
3. Metodología	27
3.1 Área de estudio	28
3.2 Diseño experimental	29
3.3 Toma de datos	31
3.3.1 <i>Toma de datos en las trampas Malaise dosel y Malaise suelo.</i>	31
3.3.2 <i>Toma de datos con la Red entomológica.</i>	32
3.4 Identificación taxonómica	32
3.5 Procesamiento de datos	33
3.5.1 <i>Índices de diversidad</i>	34
4. Resultados	36
4.1 Identificación taxonómica de los insectos	36

4.2 Riqueza y abundancia	39
4.2.1 <i>Riqueza de individuos</i>	39
4.2.2 <i>Abundancia de individuos</i>	40
4.3 Índices de diversidad	41
4.3.1 <i>Índice Shannon</i>	41
4.3.2 <i>Índice Margalef</i>	42
4.3.3 <i>Índice Jaccard</i>	43
4.4 Gremios tróficos	44
5. Discusión	46
6. Recomendaciones	49
Referencias Bibliográficas	52
Apéndices	58

Lista de tablas

Tabla 1. Identificación taxonómica.....	38
Tabla 2. Índice de diversidad Shannon y índice Margalef.....	44
Tabla 3. Índice de diversidad Jaccard	45

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Mapa de ubicación de las trampas Malaise suelo y Malaise dosel en los municipios de Carcasí, Concepción y Molagavita</i>	30
Figura 2. <i>Trampa Malaise suelo</i>	31
Figura 3. <i>Trampa Malaise dose</i>	32
Figura 4. <i>Modelo de etiqueta</i>	34
Figura 5. <i>Riqueza de individuos</i>	40
Figura 6. <i>Abundancia de individuos</i>	43
Figura 7. <i>Gremios tróficos</i>	46

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Evidencia fotográfica de trabajo de campo.	58

Glosario

Abundancia: se refiere a la cantidad relativa de individuos de una especie particular en un área o ecosistema específico. Es decir, la abundancia nos proporciona información sobre cuántos organismos de una especie particular están presentes en comparación con otras especies dentro de un hábitat (Cortez, 2006).

Bosque altoandino: se establece como un área de transición entre la zona andina y el subpáramo, comprendido en la franja entre 2900 a 3800 m s. n. m. que se caracterizan como un estrato de árboles y arbustos entre 3 y 8 m de alto. Son representativos de esta categoría los robledales y los bosques de niebla (Tobón, 2009).

Diversidad Alfa: la diversidad alfa en ecología se refiere a la diversidad de especies dentro de un área específica, como un hábitat o ecosistema. Se centra en la variedad de especies que coexisten en un lugar determinado. Es decir, la diversidad alfa mide la cantidad de especies diferentes que se pueden encontrar en una misma área (Rodríguez et al., 2003).

Diversidad Beta: se refiere a la variabilidad de especies entre diferentes hábitats o sitios dentro de una región geográfica determinada. En otras palabras, la diversidad beta compara la composición de especies entre diferentes localidades, lo que ayuda a comprender cómo varía la biodiversidad en un área más amplia. Este concepto es fundamental para entender cómo las comunidades de especies cambian a lo largo del espacio (Calderón & Moreno, 2019).

Gremio trófico: los gremios tróficos son grupos de especies que ocupan el mismo nivel trófico en un ecosistema y compiten por recursos similares. Esto significa que las especies dentro de un mismo gremio trófico comparten hábitos alimenticios y ocupan nichos ecológicos similares en la cadena alimentaria (Chará et al., 2010).

Mielato: el mielato es una sustancia azucarada transparente en forma de gota, rica en sacarosa y glucosa producida por el género de insectos escama *Stigmacoccus* mediante su proceso alimenticio, la alta cantidad de azúcares que posee la savia elaborada de los árboles derivada de la fotosíntesis es eliminada por el insecto y liberada en forma de gotas a través del filamento anal (Dos Santos et al., 2015).

Red entomológica: una Red entomológica es una herramienta fundamental para los entomólogos y aficionados a la entomología. Se trata de una red especializada diseñada para atrapar insectos, permite a los investigadores estudiar su morfología, comportamiento y distribución. Las redes entomológicas suelen estar hechas de materiales livianos pero resistentes, con un diseño que facilita la captura de insectos sin dañarlos. Estas herramientas son esenciales en el campo de la entomología para la recolección de especímenes con el fin de estudiar y preservar la diversidad de insectos en diferentes ecosistemas (Nielsen, 2003).

Relicto: es una porción de bosque que ha sobrevivido a la deforestación y a la modificación del paisaje circundante, mantienen las características de un ecosistema boscoso original en medio de un entorno alterado por la actividad humana. Estos relictos pueden ser pequeñas áreas de bosque que han resistido la transformación del paisaje debido a su ubicación remota, inaccesibilidad o valor ecológico. Los relictos de bosques suelen albergar una rica diversidad biológica y pueden ser vitales para la conservación de especies endémicas o en peligro de extinción. Estos espacios son importantes fuentes de investigación científica y conservación, ya que ofrecen información sobre ecosistemas antiguos y resistentes (Rosselli et al., 2017).

Riqueza: la riqueza en ecología se refiere al número total de especies presentes en un área o ecosistema específico. Este concepto ayuda a cuantificar la diversidad biológica al contar la cantidad de especies diferentes que coexisten en un lugar (Cortez, 2006).

Trampa Malaise: esta trampa es un dispositivo ampliamente utilizado en estudios entomológicos para recolectar insectos voladores. Consiste en una estructura de tela que dirige a los insectos hacia un recipiente colector, donde quedan atrapados para su posterior estudio. La trampa Malaise ha sido fundamental en la recopilación de datos sobre la diversidad y distribución de insectos, lo que ha contribuido significativamente al campo de la entomología y la ecología de insectos (Vårdal & Taeger, 2011).

Viales: son recipientes de plástico transparentes y resistentes con tapas herméticas diseñados específicamente para preservar y transportar insectos de manera segura. Estos viales son muy útiles para recolectar y almacenar insectos vivos o preservar especímenes para su posterior estudio en laboratorios o colecciones científicas. Son una herramienta esencial para entomólogos y biólogos que trabajan en el campo o en laboratorios (Sarmiento, 2003).

Zonas de vida: se conoce también como "zona ecológica" o "formación vegetal", se refiere a un área geográfica con características ambientales específicas que determinan los tipos de plantas y animales que pueden habitar allí. Estas zonas se definen por factores como el clima, la altitud, la temperatura, la humedad, la precipitación y la vegetación predominante. Cada zona de vida tiene una combinación única de condiciones ambientales que influyen en la biodiversidad y en los ecosistemas presentes en esa región. Los biólogos y ecologistas utilizan el concepto de zonas de vida para clasificar y comprender los diferentes hábitats naturales del planeta, lo que contribuye a la conservación y gestión sostenible de los recursos naturales (Holdridge, 1987).

Resumen

Título: Diversidad de insectos terrestres y de dosel en tres robledales (*Quercus humboldtii*) de la provincia de García Rovira en Santander, Colombia*

Autor: Lizeth Adriana Valbuena Martínez, Yurany Cristina Conde Calderón**

Palabras Clave: Bosque altoandino, gremio trófico, trampa Malaise, Red entomológica, riqueza, abundancia.

Descripción:

Los bosques de robledales, son vitales para el equilibrio ecológico, y se encuentran amenazados debido a la actividad humana, lo que ha generado preocupación por su degradación y pérdida. El estudio empleó diferentes métodos de muestreo con trampas Malaise y Red entomológica, para recopilar datos sobre la presencia y abundancia de insectos en tres sitios: Carcasí, Molagavita y Concepción. El estudio fue realizado en los bosques altoandinos de la provincia de García Rovira, en el marco de un convenio suscrito entre la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) y la Universidad Industrial de Santander (UIS), tuvo como objetivo caracterizar la diversidad y distribución de insectos asociados a los bosques de roble (*Quercus humboldtii*) en la región. Se identificaron un total de 1072 individuos pertenecientes a 72 familias, 12 órdenes y 155 morfoespecies. La trampa Malaise de suelo resultó ser el método más efectivo, porque con ella se capturó el mayor número de especímenes, seguido por la trampa Malaise dosel y la Red entomológica. Además, se observó una variabilidad en la distribución vertical dentro del bosque del número de individuos estudiados, ya que en Molagavita se registró una alta diversidad y abundancia de insectos tanto en el dosel como en el suelo. Los análisis de índices de diversidad (Shannon y Margalef) revelaron diferencias en la riqueza de especies entre los sitios de estudio y los métodos de muestreo empleados. Los resultados mostraron una notable variabilidad en la cantidad, distribución y diversidad de especies de insectos entre los sitios y los métodos empleados, de esta manera se resaltan la influencia del método de muestreo y del sitio de muestreo (suelo o dosel) en la diversidad total de especies registradas. En cuanto a los gremios tróficos, se observó una variedad de roles alimenticios presentes en el ecosistema, cada uno con su importancia única en la regulación y el funcionamiento del mismo. La diversidad de gremios tróficos refleja la complejidad de las interacciones biológicas dentro del ecosistema y destaca la importancia de conservar esta diversidad para mantener la estabilidad y la salud del ecosistema. El estudio proporciona información valiosa sobre la comunidad de insectos en los bosques de roble de la provincia de García Rovira, se destaca la importancia de considerar factores ambientales y geográficos al realizar investigaciones sobre la diversidad de los insectos y resalta la necesidad de futuras investigaciones para comprender mejor los factores que influyen en estos patrones.

*Trabajo de grado

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Diego Suescún Carvajal MSc en Bosques y Conservación Ambiental. Codirector: Doris Duarte Hernández MSc en Manejo, Uso y Conservación del Bosque.

Summary

Title: Diversity of terrestrial and canopy insects in three oak forests (*Quercus humboldtii*) of the García Rovira province in Santander, Colombia. *

Author: Lizeth Adriana Valbuena Martínez, Yurany Cristina Conde Calderón**

Keywords: High Andean forest, trophic guild, Malaise trap, entomological network, richness, abundance.

Description:

Oak forests, vital for ecological balance, are threatened due to human activity, which has generated concern about their degradation and loss. The study used different sampling methods with Malaise traps and entomological netting to collect data on the presence and abundance of insects in three sites: Carcasí, Molagavita and Concepción. The study was conducted in the high Andean forests of the province of García Rovira, within the framework of an agreement signed between the Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) and the Universidad Industrial de Santander (UIS), with the objective of characterizing the diversity and distribution of insects associated with oak forests (*Quercus humboldtii*) in the region. A total of 1072 individuals belonging to 72 families, 12 orders and 155 morphospecies were identified. The Malaise ground trap proved to be the most effective method, because it captured the greatest number of specimens, followed by the Malaise canopy trap and the entomological net. In addition, variability was observed in the vertical distribution within the forest of the number of individuals studied, since in Molagavita a high diversity and abundance of insects was recorded both in the canopy and on the ground. Analysis of diversity indices (Shannon and Margalef) revealed differences in species richness between study sites and sampling methods used. The results showed a remarkable variability in the quantity, distribution and diversity of insect species among the sites and the methods employed, thus highlighting the influence of the sampling method and the sampling site (soil or canopy) on the total diversity of species recorded. In terms of trophic guilds, a variety of food roles were observed to be present in the ecosystem, each with its unique importance in the regulation and functioning of the ecosystem. The diversity of trophic guilds reflects the complexity of biological interactions within the ecosystem and highlights the importance of conserving this diversity to maintain ecosystem stability and health. The study provides valuable information on the insect community in the oak woodlands of Garcia Rovira province, highlights the importance of considering environmental and geographic factors when conducting research on insect diversity, and highlights the need for future research to better understand the factors that influence these patterns.

*Degree work

**Institute of Regional Projection and Distance Education. Forestry Engineering Program. Director: Diego Suescún Carvajal Master in Forestry and Conservation of the Natural Environment. Co-director: Doris Duarte Hernández Master's Degree in Forest Management, Harvesting and Conservation.

Introducción

Los bosques altoandinos son elementos vitales en nuestro planeta, ya que actúan como auténticos purificadores del aire al absorber dióxido de carbono y liberar oxígeno. Además, albergan una alta diversidad de flora y fauna, proporcionan servicios ecosistémicos esenciales como la regulación del ciclo del agua y la prevención de la erosión del suelo (Smith y Johnson, 2018a). Sin embargo, estos valiosos ecosistemas, especialmente los robledales, enfrentan amenazas significativas debido a la expansión agrícola, cambios en el uso del suelo, tala de árboles y enfermedades (Díaz, 2010).

Durante las últimas dos décadas, se han aumentado los estudios dedicados a determinar las comunidades de insectos que residen en el dosel y el suelo de los bosques altoandinos (Stork y Best, 1994; Stork et al., 1997). Según Smith y Jones (2018), los insectos son fundamentales para la reproducción de las plantas y el ciclaje de nutrientes en el suelo, ya que algunos son polinizadores (abejas) y descomponedores (escarabajos) de materia orgánica, lo que es favorable para la salud y regeneración de los bosques de roble (Gómez et al., 2020). A pesar de este esfuerzo, aún no se ha logrado estudiar en su totalidad la diversidad de insectos presentes en estos ecosistemas, debido a que constituyen el grupo más grande y diverso del planeta (Stork et al., 1997; Basset et al., 2003). Los bosques de robles, en particular, albergan múltiples comunidades de insectos con un elevado número de especies aún por describir, lo que ha ampliado el interés de conocer la estimación sobre el total de especies de insectos presentes en estos, lo cual concuerda con las teorías que sugieren que estos ecosistemas proporcionan hábitats para albergar una alta diversidad (Wilson, 1988; Erwin, 1988).

A pesar de su importancia ecológica los bosques de robledal, han sido uno de los hábitats menos estudiados y más afectados por la intervención antrópica por lo cual en la provincia de García Rovira, la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) ha demostrado interés en los robledales compuestos principalmente por *Quercus humboldtii*, ante la preocupación por la reducción de estos ecosistemas y la escasa regeneración natural, lo que conlleva a su degradación y pérdida, por lo cual, para abordar este problema, se ha suscrito un convenio interadministrativo entre la CAS y la Universidad Industrial de Santander (UIS) con el fin de estudiar esta problemática.

El objetivo del presente trabajo es caracterizar la diversidad de insectos terrestres y de dosel en tres robledales de la provincia de García Rovira para tener una aproximación sobre su diversidad, funcionamiento y un acercamiento a la salud de los bosques, posibles amenazas para la comunidad insectívora e información valiosa para su conservación y manejo sostenible (Smith y Johnson, 2018b).

1. Objetivos

2.1 Objetivo General

Caracterizar la diversidad de insectos terrestres y de dosel en tres robledales de la provincia de García Rovira.

2.2 Objetivos Específicos

Identificar taxonómicamente los insectos presentes en tres bosques de roble, en la provincia de García Rovira.

Determinar la riqueza y abundancia de insectos terrestres y de dosel.

Estimar la diversidad alfa y beta de los insectos terrestres y de dosel.

Analizar la diversidad funcional de los insectos en relación a su gremio trófico.

2. Marco Teórico

2.1 Bosques altoandinos en Colombia

Colombia es un país con alta diversidad de ecosistemas, dentro de los cuales, están los bosques altoandinos que varían en su composición y estructura de acuerdo con la altitud donde se encuentran (Scatena et al., 2010). Según Sabogal et al. (2015) los bosques altoandinos se definen como ecosistemas de bosques montanos, donde su altitud varía entre los 2000 y 4000 m s. n. m. Se caracterizan por ser diversos, ya que albergan una gran cantidad de especies endémicas y amenazadas, muchas de las cuales son exclusivas de estos hábitats de alta montaña. Los procesos clave que conducen a esta diversidad incluye los movimientos tectónicos de las cordilleras, el intercambio de flora y fauna con América del Norte a través del Istmo de Panamá, la fragmentación de la población y especiación relacionados con los cambios climáticos del Pleistoceno (Cuesta et al., 2009; Tejedor et al., 2012). Además, los bosques alto andinos desempeñan un papel importante en relación a los bienes y servicios ecosistémicos que proveen, tales como: abastecimiento (agua, alimentos, medicinas y materias primas), regulación (clima, calidad del aire, almacenamiento de carbono, tratamiento de aguas residuales, prevención de erosión y conservación de la fertilidad), apoyo (espacios vitales para la flora y fauna) y cultura (comprenden la inspiración estética, la identidad cultural y el sentimiento de apego al terruño) (Cerrón et al., 2017).

Algunos bosques altoandinos están dominados por la especie *Q. humboldtii* conocida comúnmente como “roble”. Por su adaptación neotropical estos ecosistemas desempeñan funciones ambientales importantes como: la regulación hídrica, la regulación del clima y la disminución de erosión de suelos (Dey et al., 2012). Además, estos bosques proporcionan hábitat a una gran diversidad de flora y fauna silvestres, con áreas de conservación para plantas endémicas

y amenazadas (Rendón, 2009). Actualmente, el *Q. humboldtii* se encuentra en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) 2021 en la categoría de preocupación menor (LC), pero debido a actividades como la deforestación, la expansión agrícola y ganadera, la minería y el cambio climático lo que plantea serios desafíos para su conservación y manejo sostenible. Por esta razón el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), restringe su uso y aprovechamiento (Cárdenas & Salinas, 2007), además está en veda según la resolución 096 de 2006 (Avella Muñoz, 2010).

2.2 Mielato de roble

El mielato es una sustancia azucarada producida por el insecto escamoso *Stigmacoccus asper* durante su alimentación. En este proceso la alta proporción de los azúcares contenidos en la savia elaborada de los árboles son aprovechados y en parte excretados por el insecto, liberándolos en forma de gotitas a través de un filamento anal, sin embargo, no es la única especie capaz de sintetizar dicha sustancia (Dos Santos et al., 2015; Ortiz y Salazar, 2018). La producción de mielato en los bosques altoandinos presentes en la Cordillera Oriental de Colombia se ha relacionado con la presencia del *S. asper* bajo la corteza de *Q. humboldtii* y la densidad de insectos aumenta en las zonas de mayor fragmentación (Ortiz & Salazar, 2018), lo que quiere decir que, una mayor densidad de individuos, representa una producción mayor de mielato.

Las abejas aprovechan los recursos disponibles en su entorno, como es el caso de su relación simbiótica con el insecto *Stigmacoccus*. Este insecto, al alimentarse de la savia de ciertas plantas, produce excretas ricas en azúcares. Las abejas recolectan estas excretas y las transforman en un tipo de miel llamada miel de mielato o mielato (Konrad et al., 2009). Este proceso no solo les proporciona un recurso alimenticio adicional, sino que también resulta en una miel con

características únicas en sabor y composición, que varían según las especies de plantas de las que se alimenta el *Stigmatococcus*, así, las abejas demuestran una vez más la capacidad para adaptarse.

En varios estudios reportados por Bogo & Mangle (2000), registraron la composición química del mielato de *Stigmatococcus* producido en Brasil, donde los principales azúcares en su composición son la sacarosa y la glucosa, que han sido encontrados como compuestos importantes en la dieta de algunas especies silvestres que se alimentan de ellos. El mielato se caracteriza por ser una miel negra y densa, tiene mayor cantidad de minerales que la miel normal, no se cristaliza debido a su baja concentración de glucosa, cuenta con propiedades, antibacterianas, antiinflamatorias y antioxidantes, lo que lo convierte en un producto forestal no maderable importante en el sector de la salud (Seraglio et al., 2019).

2.3 Insectos

Los insectos pertenecen a la clase Insecta, corresponden al grupo más diverso y numeroso de todo el mundo, se encuentran en todos los ecosistemas terrestres, desde selvas tropicales hasta desiertos. Son animales de tamaño pequeño, la mayoría de unos pocos milímetros, en cuyo cuerpo se distinguen tres regiones: cabeza, tórax y abdomen, formadas por segmentos. Presentan siempre tres pares de patas y casi siempre dos pares de alas, aunque pueden verse reducidas a un par o incluso faltar. Estas características los distinguen de otros grupos de animales y son esenciales para su adaptabilidad y éxito evolutivo (Borror et al., 2019).

2.3.1 Clasificación de los insectos

Orden Hymenoptera: este es el segundo grupo más grande de insectos con alrededor de 200.000 especies descritas. Se caracteriza por fuertes músculos de las alas. Este grupo incluye

abejas (ej. *Apis mellifera*), avispas (ej. *Vespula germanica*) y hormigas (ej. *formica rufa*) entre otros (Grimaldi & Engel, 2005).

Orden Díptera: este grupo de insectos tiene alrededor de 160.000 especies descritas y se caracteriza por tener un solo par de alas funcionales, en lugar de dos como la mayoría de los insectos. Las alas traseras han sido reducidas de tamaño y convertidas en miras, una especie de "balancín" que les permite mantener el equilibrio en el vuelo. Los representantes más famosos del orden Díptera son: la mosca (ej. *Musca domestica*), mosquito tigre (ej. *Aedes albopictus*) y el tábano (ej. *Tabanus autumnalis*) (Woodley, 2001).

Orden Hemíptera: su nombre proviene del hecho de que en la mayoría de los casos el ala anterior (hemiélitros) se divide en dos partes muy distintas, una dura y otra membranosa. Además, se caracterizan por la presencia de un aparato bucal chupador, que, según la especie, utilizan para alimentarse de néctar o fluidos animales. A este grupo de insectos pertenece la chinche (ej. *Cimex lectularius*), el pulgón (ej. *Schizaphis graminum*) y la cigarra (ej. *Cicadetta montana*) (Schaefer & Panizzi, 2000).

Orden Orthoptera: aunque este grupo de insectos se encuentra en todo el mundo, es más abundante en las regiones tropicales del planeta. Se caracterizan por tener poderosas mandíbulas y patas traseras grandes y fuertes, que les permiten saltar. Estos son animales que sufren metamorfosis incompleta y experimentan mudas continuas. Algunos ejemplos de ortópteros son: los saltamontes (ej. *Tettigoria viridissima*), los grillos (ej. *Gryllus campestris*) y las langostas (ej. *Schistocerca gregaria*) (Pfadt, 2002).

Orden Lepidóptera: comúnmente denominados mariposas o polillas, este grupo incluye cerca de 165.000 especies. Son animales polinizadores que se alimentan principalmente de néctar.

Las más conocidas son las mariposas diurnas (ej. *Attacus atlas*), la gran mayoría de especies son nocturnas: polillas (ej. *Opodiphthera eucalypti*) o esfinges (ej. *Sphinx ligustri*) (Kristensen, 1999).

Orden Odonata: denominados comúnmente libélulas o caballitos del diablo, existen aproximadamente 6000 especies registradas a la fecha, este grupo se caracteriza por tener dos pares de grandes alas palmeadas y extremidades inmóviles que les permiten capturar presas y descansar en el suelo, pero no caminar. Sus ojos compuestos parecen estar muy juntos en las libélulas y muy separados en los caballitos del diablo. Este grupo incluye insectos como las libélulas (ej. *Sympetrum fonscolombii*) y los caballitos del diablo (ej. *Enallagma cyathigerum*) (Corbet, 1999).

2.3.2 Clasificación de los insectos según el orden trófico

Acuáticos: los insectos acuáticos, conocidos por desarrollar su ciclo de vida total o parcialmente en ambientes acuáticos, representan aproximadamente el 3% de todas las especies de insectos, lo que equivale a un estimado de 25.000 a 30.000 especies, algunas especies completan su ciclo vital íntegramente en el agua, mientras que otras atraviesan solo ciertas etapas de su desarrollo en este medio (Merritt et al., 2008).

Carroñeros: los insectos carroñeros son aquellos que se alimentan de materia orgánica muerta o en descomposición. Desempeñan un papel crucial en los ecosistemas al ayudar en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes. Algunos ejemplos comunes de insectos carroñeros incluyen escarabajos necrófagos, moscas carroñeras, hormigas carroñeras y ciertas especies de cucarachas. Estos insectos tienen adaptaciones físicas y comportamentales que les permiten detectar y alimentarse de material en descomposición. Por ejemplo, muchas especies tienen un sentido del olfato muy desarrollado que les permite localizar fuentes de alimento

a distancia. Además, algunas especies han evolucionado para descomponer y reciclar materia orgánica específica, como huesos, plumas o excrementos de animales. Los insectos carroñeros desempeñan un papel importante en la eliminación de cadáveres de animales en el medio ambiente, lo que ayuda a prevenir la acumulación de desechos y la propagación de enfermedades. Además, contribuyen al ciclaje de nutrientes al liberar nutrientes de la materia orgánica en descomposición, que quedan disponibles para otros organismos en el ecosistema. En resumen, los insectos carroñeros son una parte esencial del funcionamiento de los ecosistemas y cumplen una función vital en la salud y el equilibrio de los mismos (Martín-Vega et al., 2021).

Coprófagos: son aquellos que se alimentan de excrementos de animales. Estos insectos desempeñan un papel importante en los ecosistemas al ayudar en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes. Al alimentarse de excrementos, contribuyen a la eliminación de desechos y a la descomposición de la materia orgánica, lo que ayuda a mantener la salud y el equilibrio de los ecosistemas. Algunos ejemplos comunes de insectos coprófagos incluyen ciertas especies de escarabajos, como los escarabajos peloteros (familia Scarabaeidae) y los escarabajos estercoleros (familia Geotrupidae), así como ciertas especies de moscas y avispas. Los insectos coprófagos tienen adaptaciones físicas y comportamentales que les permiten detectar y alimentarse de excrementos. Por ejemplo, muchos de ellos tienen un sentido del olfato muy desarrollado que les facilita localizar fuentes de alimento a distancia (Doube, 1990).

Cortadores: los insectos cortadores, también conocidos como cortadores de hojas, son una categoría de insectos que se alimentan de hojas cortándolas y transportándolas a sus nidos o colonias para diversos propósitos. Estos insectos pertenecen principalmente a la familia Formicidae (hormigas) y a la familia Apidae (abejas), aunque también hay otros grupos de insectos

que muestran comportamientos similares. Además, estos insectos tienen un impacto significativo en la vegetación de los lugares donde habitan, ya que pueden dañar considerablemente plantas de cultivo y especies arbóreas en la naturaleza. Sin embargo, también desempeñan un papel importante en la dinámica de los ecosistemas y en la polinización de algunas especies de plantas (Hanula et al., 2011).

Fitófagos: son aquellos que se alimentan exclusivamente de tejido vegetal, por consumo de hojas, tallos, flores, frutos u otras partes de las plantas. Estos insectos pueden causar daños significativos a los cultivos agrícolas, jardines y ecosistemas naturales, y ser una preocupación importante para la agricultura y la horticultura. Existen numerosas especies de insectos fitófagos, pertenecientes a diferentes órdenes, familias y géneros. Algunos ejemplos comunes incluyen los escarabajos de las hojas, como el escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*), las orugas, como la polilla del tomate (*Tuta absoluta*), los áfidos, como el pulgón del melocotonero (*Myzus persicae*), y los escarabajos de la vid, como la vaquita de San Antonio (*Epilachna varivestis*). Los insectos fitófagos tienen una amplia variedad de adaptaciones físicas y comportamentales que les permiten alimentarse de tejido vegetal. Algunas especies tienen mandíbulas fuertes para cortar y masticar hojas, mientras que otras tienen piezas bucales especializadas para succionar la savia de las plantas. Además, muchos insectos fitófagos han desarrollado estrategias de camuflaje o defensa química para protegerse de los depredadores y aumentar sus posibilidades de supervivencia (Chapman, 2013).

Saprófagos: son aquellos que se alimentan de materia orgánica en descomposición, como restos de plantas, animales muertos, excrementos y otros materiales orgánicos que se están deteriorando. Estos insectos desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia

orgánica y en el reciclaje de nutrientes en los ecosistemas. Algunos ejemplos comunes de insectos saprófagos incluyen diversas especies de escarabajos, como los escarabajos carroñeros (necrófagos) que se alimentan de animales muertos, las moscas carroñeras que ponen sus huevos en materia orgánica en descomposición, las cucarachas que se alimentan de una amplia variedad de materia orgánica en descomposición, y los gusanos de la harina, que se utilizan a menudo en la alimentación animal y humana (Bärlocher, 2005).

Frugívoros: son aquellos que se alimentan de frutas, ya sea en su estado maduro o en proceso de maduración. Estos insectos desempeñan un papel importante en la polinización y dispersión de semillas de plantas frutales, así como en la descomposición de frutas caídas. Algunos ejemplos comunes de insectos frugívoros incluyen ciertas especies de moscas de la fruta (familia Tephritidae), abejas y avispas, escarabajos como los escarabajos de la fruta (familia Nitidulidae) y polillas frugívoras. Los insectos frugívoros se sienten atraídos por el aroma y el sabor de las frutas maduras, y pueden desempeñar un papel importante en la polinización de las plantas frutales al visitar las flores en busca de néctar y polen. Sin embargo, algunos insectos frugívoros también pueden ser considerados plagas en la agricultura, ya que pueden dañar los cultivos frutales al alimentarse de las frutas en desarrollo. En estos casos, se pueden implementar medidas de control de plagas para minimizar los daños causados por estos insectos (Spottiswoode, et al., 2004).

Hematófagos: son aquellos que se alimentan exclusivamente o predominantemente de sangre de otros animales. Estos insectos han evolucionado para utilizar la sangre como su principal fuente de alimento y a menudo son adaptados morfológica y fisiológicamente para esta dieta especializada. Los insectos hematófagos tienen adaptaciones específicas para alimentarse de sangre, como piezas bucales especializadas para perforar la piel de sus hospedadores y succionar

la sangre. Además, a menudo tienen sistemas de detección altamente desarrollados para localizar a sus hospedadores y evitar ser detectados. Estos insectos pueden transmitir enfermedades a sus hospedadores, ya que algunos son vectores de patógenos causantes de enfermedades como el paludismo, el dengue, la fiebre amarilla y la enfermedad de Chagas. Pueden causar molestias y picazón en los animales y humanos a los que parasitan (Lehane, 2005).

Depredadores: son aquellos que obtienen su alimento a través de la caza, muerte y consumos de otros organismos vivos y desempeñan un papel crucial en el control de poblaciones de otras especies, porque regulan los ecosistemas y contribuyen con su equilibrio. Estos insectos tienen adaptaciones físicas y comportamentales que les permiten cazar, capturar y consumir a sus presas de manera eficiente. Algunos tienen mandíbulas fuertes para capturar a sus presas, mientras que otros tienen largos apéndices para atrapar a sus presas en el aire. Además, muchos insectos depredadores son rápidos y ágiles, lo que les permite perseguir y capturar a sus presas con éxito. Los insectos depredadores son una parte importante de los ecosistemas, ya que ayudan a controlar las poblaciones de otras especies y mantienen el equilibrio en los ecosistemas. Además, pueden ser utilizados como agentes de control biológico en la agricultura para reducir la población de plagas de insectos y minimizar el uso de pesticidas (Molles et al., 2014).

Nectarívoros: son aquellos que se alimentan principalmente del néctar de las flores. El néctar es un líquido azucarado producido por las flores que sirve como una fuente de alimento rica en energía para muchos insectos, especialmente para aquellos que están involucrados en la polinización de las plantas, ya que, al alimentarse de néctar, transfieren el polen de una flor a otra, facilitando la reproducción de estas. Además, el néctar es una fuente importante de energía para

estos insectos, especialmente para aquellos que tienen un alto metabolismo y necesitan un suministro constante de alimento (Inouye, 1980).

Parasitoides: son aquellos que dependen de otros organismos, llamados huéspedes, para completar su ciclo de vida y obtener alimento. Estos insectos pueden causar una variedad de efectos en sus huéspedes, desde leves molestias hasta enfermedades graves y la muerte. Los insectos parasitoides tienen adaptaciones específicas para aprovechar a sus huéspedes como recurso. Sus estrategias reproductivas están diseñadas para maximizar el éxito de sus crías a expensas del hospedador. A menudo, los parasitoides tienen sistemas de detección altamente desarrollados para localizar a sus huéspedes potenciales y depositar sus huevos en ellos de manera eficiente. Aunque los insectos parasitoides pueden causar la muerte de sus huéspedes, desempeñan un papel importante en el control natural de las poblaciones de insectos, debido a que regulan los ecosistemas y contribuyen al equilibrio ecológico. Por esta razón, a menudo se utilizan como agentes de control biológico en la agricultura para reducir las poblaciones de insectos plaga de manera selectiva y sostenible (Godfray, 1994).

Polinizadores: son aquellos que transportan polen de una flor a otra, lo que facilita la fertilización y la producción de semillas y frutos. Desempeñan un papel crucial en la reproducción de las plantas, incluidas muchas de importancia agrícola y ecológica. Tienen adaptaciones físicas y comportamentales que les permiten recolectar polen y transportarlo entre flores. Muchas plantas dependen de estos insectos para su reproducción, y la polinización realizada por los insectos polinizadores es esencial para mantener la diversidad y la salud de los ecosistemas. Sin embargo, los polinizadores están enfrentando amenazas significativas, incluida la pérdida de hábitat, el uso de pesticidas, la contaminación y el cambio climático. La conservación de los polinizadores es

fundamental para la seguridad alimentaria y la salud de los ecosistemas, y se están implementando numerosas medidas para proteger y fomentar la salud de las poblaciones de polinizadores en todo el mundo (Ollerton et al., 2011).

Xilófagos: son aquellos que se alimentan de la madera, ya sea en estado vivo o muerto. Desempeñan un papel importante en la descomposición de la madera y en el reciclaje de nutrientes en los ecosistemas forestales. Los insectos xilófagos tienen adaptaciones físicas y fisiológicas que les permiten digerir la celulosa y otros componentes de la madera. Su actividad de descomposición es importante para el ciclo de nutrientes en los ecosistemas forestales, ya que ayuda a liberar nutrientes atrapados en la madera muerta y a hacerlos disponibles para otros organismos. Sin embargo, algunos insectos xilófagos pueden convertirse en plagas forestales o causar daños a la madera. El control de estas plagas puede requerir medidas de manejo integrado, que incluyen el monitoreo de poblaciones, la protección de árboles sanos y el uso selectivo de insecticidas cuando sea necesario (Evans, 2017).

3. Metodología

Para caracterizar la diversidad de insectos terrestres y de dosel en tres robledales de la provincia de García Rovira, se emplearon dos estrategias de muestreo. La primera consistió en la instalación de trampas de barrera tipo Malaise, que se ubicaron de manera estratégica en pasos entomológicamente activos del dosel y del suelo de los bosques. La otra se basó en la captura manual de los insectos por medio de redes entomológicas con el fin de complementar el muestreo.

3.1 Área de estudio

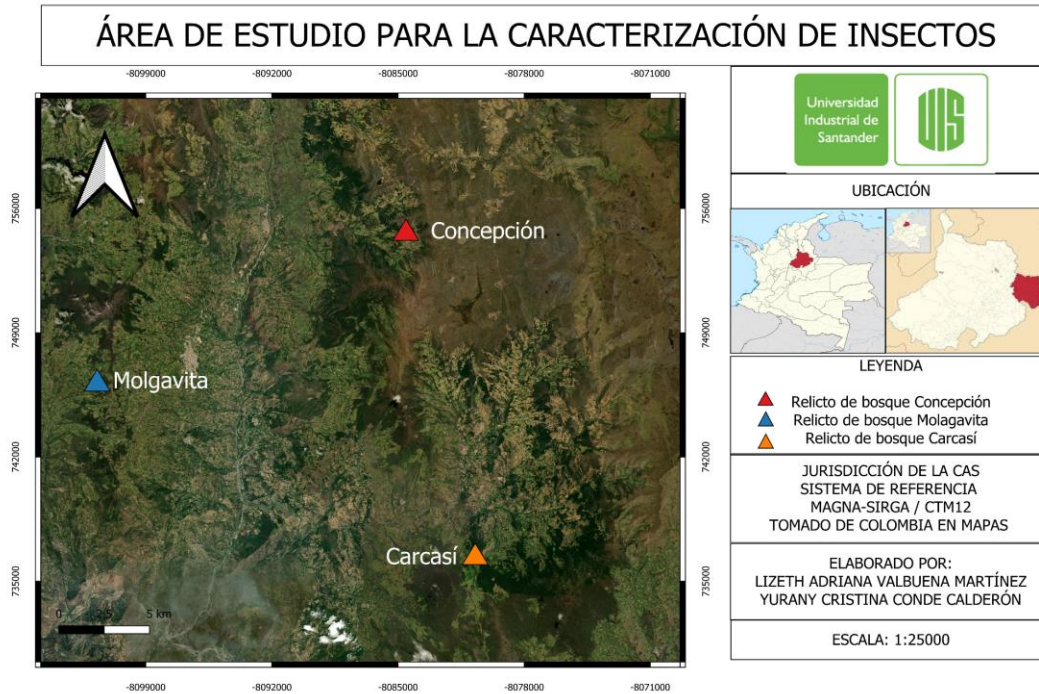
En la **Figura 1** se observa el área de estudio que comprendió tres relictos de bosques altoandinos de la provincia de García Rovira, ubicada al oriente del departamento de Santander – Colombia con un área aproximada de 1605 km² dentro de los cuales se encuentran ubicados 13 municipios. El primer relikto se localizó en el municipio de Carcasí, vereda Ropejo, comprendida entre las coordenadas 6°36'23,13"N – 6°36'4,4"N latitud y 72°35'22,18"O – 72°35'28,70"O longitud. La precipitación promedio anual es de 1540 mm al año y la temperatura promedio es de 17°C. Está ubicada en un rango altitudinal de 2080 - 2975 m s. n. m., con pendiente máxima de 50°. Según el sistema de clasificación de zonas de vida por Holdridge (1987), corresponde a un bosque húmedo montano bajo (bh-MB).

El segundo relikto se localizó en el municipio de Molagavita, en la parte alta vereda Potrero de Rodríguez, comprendida entre coordenadas 6°39'42,010" – 6°40'27,308" de longitud y 72°46'22,504" – 72°47'11,396" latitud. El área total es de 67,1 ha. La precipitación promedio anual es de 1490 mm y la temperatura promedio es de 12°C, está ubicada en un rango altitudinal de 2500 y 3000 m s. n. m., con una pendiente máxima de 53°, corresponde a un bosque húmedo montano bajo (bmh-MB).

Finalmente, el tercer relikto se localizó en el municipio de Concepción, en la vereda Jurado, comprendida entre las coordenadas 6°45'54,84"N – 6°45'51,10"N latitud y 72°37'32,38"O – 72°37'35,14"O longitud. La precipitación promedio anual es de 839 mm al año y la temperatura promedio es de 18°C, está ubicada a una altitud aproximada de 2033 m s. n. m., con pendiente máxima de 45°, corresponde a un bosque húmedo montano bajo (bmh-MB).

Figura 1.

Mapa de ubicación de las trampas Malaise suelo y Malaise dosel en los municipios de Carcasí, Concepción y Molgavita.



Nota. El mapa representa los puntos de ubicación de las trampas Malaise para la captura y recolección de los insectos en cada bosque.

3.2 Criterios para la instalación de trampas

La instalación de trampas consistió en seleccionar espacios específicos dentro del bosque para su ubicación. En estos lugares, se consideraron condiciones propicias para la captura de insectos; como claros de luz, troncos en proceso de descomposición, presencia de epífitas y árboles con fumaginas. Estas condiciones aumentaron el flujo de insectos y facilitaron su captura, ya que las trampas utilizadas eran del tipo barrera, sin requerir señuelos adicionales para atraer a los insectos. Las trampas empleadas fueron de tipo Malaise (**Figura 2 y Figura 3**), donde cada una se colocaba como una estructura tipo toldo o tienda de campaña, con un techo inclinado y una

abertura en la parte superior la cual conducía a un recipiente con líquido conservante a base de alcohol. Además, las trampas estaban fabricadas con un material translúcido o transparente que permitía el paso de la luz solar y atraía así a los insectos, conduciéndolos hacía la parte superior donde se encontraba la boquilla y caían en el líquido conservante y quedaban atrapados y almacenados para posteriormente colectarlos en los viales y enviarlos para su respectiva identificación (Vårdal & Taeger, 2011).

Figura 2.

Trampa Malaise suelo



Nota. La imagen muestra la ubicación, instalación y características de la trampa Malaise suelo.

Figura 3.*Trampa Malaise dosel*

Nota. La imagen muestra la ubicación, instalación y características de la trampa Malaise dosel.

3.3 Toma de datos**3.3.1 Toma de datos en las trampas Malaise dosel y suelo.**

En cada bosque, se utilizaron dos trampas Malaise para la recolección de insectos, una destinada a capturar los insectos del suelo y la otra para capturar los del dosel. Estas trampas se instalaron en cada uno de los relictos durante un período de dos semanas, en los meses de julio y agosto, los cuales presentaron bajas precipitaciones para el año 2023, lo que implicó un muestreo continuo del área de estudio en total de seis semanas. Después de la primera semana de haber instalado las trampas, se llevó a cabo una visita a campo para recolectar el material inicial y verificar que estuvieran en correcto funcionamiento. Posteriormente, durante la semana siguiente, se realizó la recolección final y se desinstalaron las trampas para ser colocadas en el siguiente relictos.

El material recolectado en campo se envasó en viales plásticos con tapa hermética llenos de alcohol al 70% para preservar las características morfológicas de los insectos. Sin embargo, los insectos del orden Lepidoptera y Odonata se empaquetaron individualmente en sobres de papel parafinado, a cada muestra se le colocó una etiqueta con información detallada sobre el lugar de muestreo, la fecha, el método de recolección y las personas responsables. Estas muestras se almacenaron en un refrigerador a una temperatura promedio de 5°C hasta completar el material total.

3.3.2 Toma de datos con la Red entomológica.

El muestreo con la Red entomológica consistió en recorrer de manera aleatoria los relictos de bosque durante las horas de luz solar. Los jameos en cada bosque se realizaron en tres visitas, distribuidas en diferentes momentos: durante el establecimiento de las trampas, a los 8 días para revisar el funcionamiento y recolectar insectos, y en el día en que se recogieron las trampas y el material final. Estas actividades se llevaron a cabo entre las 10:30 a.m. y las 12:30 m., se completa así un esfuerzo de muestreo de 12 horas en cada bosque para un total de 36 horas de jameo. Los recorridos tenían como objetivo complementar el muestreo de las trampas, se captura manualmente los insectos en diferentes partes del bosque. Posteriormente, estos insectos fueron almacenados en los viales correspondientes para su debida identificación.

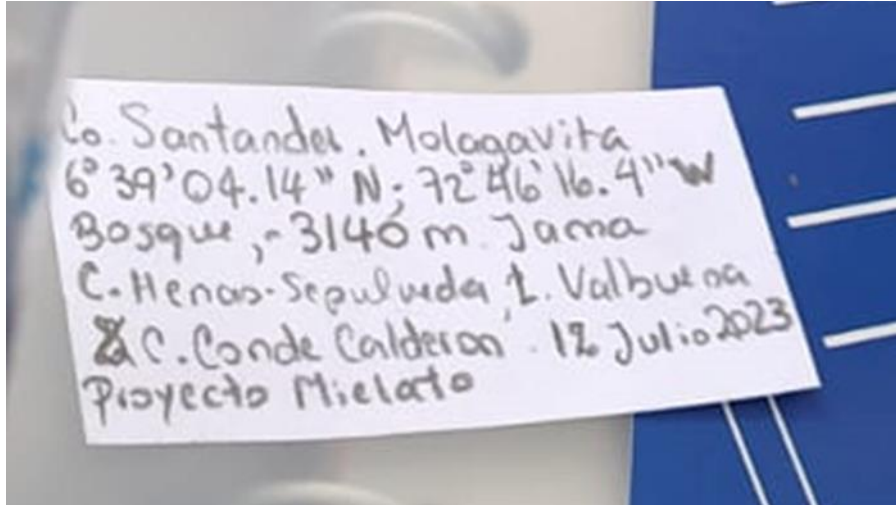
3.4 Identificación taxonómica

La identificación taxonómica del material colectado fue llevada a cabo por la entomóloga Andrea Carolina Henao Sepúlveda en el laboratorio de la Universidad de Antioquia, ubicado en Medellín, donde reposan las muestras colectadas en campo. Este laboratorio alberga una extensa colección de más de 700.000 especímenes recolectados de diversos departamentos. Una vez completado el muestreo en los tres relictos, el material fue enviado a Medellín. Cada vial estaba

etiquetado con las características específicas del lugar muestreado, con el fin de asegurar una correcta identificación del mismo (**Figura 4**).

Figura 4.

Modelo de etiqueta



Nota. En la imagen se observa el modelo de etiqueta utilizado en cada vial donde se depositó el material final para su respectiva identificación.

3.5 Procesamiento de datos

Para procesar la información recopilada en campo, se consideraron varios aspectos de los insectos recolectados en cada sitio, que incluyeron la riqueza (número de especies), abundancia (número de individuos de cada especie recolectados), así como el orden, familia, género y morfoespecie de cada espécimen. A partir de esta información, se creó una base de datos general que permitió calcular los índices de diversidad alfa, se emplearon estimaciones de la diversidad como el índice de Shannon y el índice de Margalef. Además, se calculó el índice de Jaccard para diversidad beta, con la información suministrada de morfoespecies por la parte de la entomóloga y así comparar la composición entre los tres bosques estudiados. Este enfoque integral permitió

evaluar la diversidad tanto dentro de cada bosque (alfa) como entre los bosques (beta), y proporcionó una visión completa de la biodiversidad en el área de estudio.

3.5.1 Índices de diversidad

3.5.1.1 Índice Shannon. El Índice de Shannon-Wiener (H'), concebido por Shannon y Weaver en 1949, se fundamenta en la teoría de la información y es un recurso extendido en el estudio de las comunidades ecológicas. Su propósito fundamental consiste en evaluar el contenido informativo por símbolo en un conjunto de datos conformado por S clases de símbolos discretos, cada uno con su respectiva probabilidad de presentarse.

En el ámbito de la ecología, el índice de Shannon-Wiener (H') se utiliza como un indicador de diversidad. Se debe tener en cuenta la información sobre el número de individuos por especie en muestras aleatorias extraídas de una comunidad "amplia", donde se conoce el total de especies (representado como S). Asimismo, la diversidad puede interpretarse como una medida de la incertidumbre relacionada con la predicción de la especie a la que pertenece un individuo seleccionado al azar de una muestra que incluye S especies y N individuos (Ghelardi, 1964). Este índice ofrece una forma cuantitativa de comprender la estructura y la distribución de especies dentro de una comunidad.

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln 2 p_i$$

Esta fórmula, se usa " S " para indicar la cantidad de especies presentes, mientras que " P_i " refleja la proporción de individuos pertenecientes a la especie " i ". La relevancia de esta ecuación reside en su capacidad para evaluar la discrepancia entre la diversidad estimada (\hat{H}) en una circunstancia específica y el máximo teórico (H), alcanzado al obtener todas las especies tienen la misma abundancia. Este concepto se relaciona con la equidad o uniformidad, representada como " J " (Ghelardi, 1964).

3.5.1.2 Índice Margalef. El índice de diversidad de Margalef constituye una herramienta que facilita el análisis de la proporción de nuevas especies incorporadas en relación con la expansión de una muestra. Este índice se fundamenta en la premisa de una relación entre el número de especies y el número de individuos en una muestra dada. En síntesis, el índice de Margalef proporciona información sobre la uniformidad o variabilidad de las muestras estudiadas en términos de diversidad de especies (Zarco et al., 2010).

La fórmula para calcular este índice es la siguiente:

$$DMg = S-1 / \ln N$$

Donde:

D representa el índice de Margalef.

S es el número de especies presentes en la muestra.

N es el número total de individuos en la muestra.

Este índice proporciona información significativa acerca de la diversidad de especies en una muestra, donde un aumento en el valor de D indica una mayor riqueza de especies en proporción al tamaño de la muestra. En resumen, el índice de Margalef se presenta como una herramienta valiosa para analizar y contrastar la diversidad de especies entre diversas muestras o ubicaciones, lo cual enriquece nuestra comprensión de la estructura y la diversidad de los ecosistemas (Zarco et al., 2010).

3.5.1.3 Índice Jaccard. El índice de diversidad de Jaccard es una medida comúnmente utilizada en ecología para comparar la similitud entre dos conjuntos de muestras, como, por ejemplo, la composición de especies en dos áreas geográficas diferentes. Este índice se calcula por medio del cociente del número de especies compartidas entre las dos muestras por el número total de especies en ambas muestras (Magurran, 2004).

$$I_j = c / a + b c$$

Donde:

a= # especies en sitio A

b= # especies en sitio B

c= # especies compartidas entre A y B

4. Resultados

Con el desarrollo del análisis de datos se obtuvieron los siguientes resultados para cada uno de los objetivos específicos.

4.1 Identificación taxonómica de los insectos

En la tabla 1 se entra el listado de diferentes familias, géneros y especies de insectos en los tres sitios de muestreo: Carcasí, Molagavita y Concepción, donde se observa una diversidad considerable de insectos y variaciones en la composición de especies entre los sitios analizados. El total de especímenes registrados en los tres sitios de muestreo fue de 1072 individuos, los cuales pertenecen a 12 órdenes, 72 familias y 155 morfoespecies.

El orden Coleoptera (escarabajos) está representado por 18 morfoespecies en todos los sitios de muestreo, con una riqueza notable en Concepción y Molagavita. Para Diptera (moscas), se observa una alta riqueza de especies, con un total de 688 individuos recolectados en todos los sitios de muestreo, particularmente en Molagavita. Dentro de los Hemiptera (chinches), se registraron 40 individuos con una mayor diversidad en Concepción y Molagavita. En Hymenoptera (avispas y abejas), se observó una alta diversidad en los tres bosques, con total de 22

morfoespecies. En Lepidoptera (mariposas y polillas), se registraron varias morfoespecies representadas en el muestro, con una alta diversidad en Molagavita y Concepción. El orden Orthoptera (saltamontes), registró especies en todos los sitios de muestreo, con una mayor riqueza en Carcasí. También se encontraron otros órdenes de insectos como Odonata (libélulas), Psocoptera y Tysanoptera, aunque con una riqueza de especies menor en comparación con los órdenes anteriores.

Tabla 1.

Descripción taxonómica de los insectos muestreados en la provincia de García Rovira.

Orden	Familia	Género / Especie	Nombre común	Carcasí	Molagavita	Concepción	Total
Blattodea	Blaberidae		<i>Cucaracha</i>	2	0	0	2
Coleoptera	Cantharidae	<i>Sillis</i>	Escarabajo soldado	0	11	0	11
	Cerambycidae	<i>Adetus</i>	Escarabajo de cuernos largos	0	0	1	1
	Chrysomelidae	<i>Dysonicha</i>	Escarabajo de las hojas	0	1	0	1
	Coccinellidae	<i>Cyrea</i>	Escarabajo mariquita	1	0	0	1
	Curculionidae	<i>Eurhoptus</i>	Escarabajo gorgojo y picudos	1	6	7	14
	Elateridae	<i>Chalcolepidius</i>	Escarabajos tronadores, cucullos	2	3	0	5
	Endomychidae		Escarabajo de los hongos	1	0	0	1
	Lampyridae	<i>Chauliognathus</i>	Escarabajos Lucirénagas	1	0	0	1
	Lycidae	<i>Lyconotus</i>	Escarabajos alas de red	5	5	1	11
	Melolonthidae	<i>Leucothyreus</i>	Escarabajos peloteros o rinocerontes	0	1	0	1
	Passalidae	<i>Passalus</i>	Escarabajo de la madera	0	0	2	2
	Staphylinidae	<i>Philonthina</i>	Escarabajos errantes	0	5	1	6
		Sin determinar		0	7	0	7
Collembola	Entomobryidae			0	3	0	3
	Isotomidae			0	0	21	21
Diptera	Anisopodidae	<i>Sylvicola</i>	Mosca de la madera	0	1	0	1
	Anthomyiidae		Moscas antomidas	4	6	0	10
	Asiliidae		Mosca ladrona	0	1	0	1
	Bibionidae			6	1	0	7

	Calliphoridae	<i>Chrysomyia</i>	Mosca carroñera	0	12	0	12
	Cecidomyiidae		Mosca de las agallas	0	32	38	70
	Ceratopogonidae		Moscas jején y de arena	0	0	2	2
	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	Moscas no mordelonas	0	0	48	48
	Chloropidae		Mosquitas del pasto	0	0	2	2
	Culicidae	<i>Haemagogus</i>	Mosquito tigre	3	0	0	3
	Dolichopodidae		Moscas de patas largas	0	6	3	9
	Drosophilidae	<i>Drosophila</i>	Moscas de la fruta	22	6	3	31
	Fannidae	<i>Fannia</i>	Moscas de la letrina	5	15	1	21
	Heleomyzidae		Moscas heleomyzidas	0	1	0	1
	Hybotidae	<i>Hoplopeza rafaeli</i>	Moscas bailarinas	0	1	2	3
	Keroplastidae	<i>Keroplatus</i>	Moscas predadoras	0	0	1	1
	Limoniidae			16	0	0	16
	Micropezidae		Moscas erguidas o empinadas	0	3	0	3
	Muscidae				10	12	22
		<i>Musca</i>	Moscas de domestica	1	5	7	13
	Mycetophilidae	<i>Duretophragma</i>	Moscas de los hongos	0	1	1	2
		<i>Exechiaa</i>		0	1	0	1
		<i>Mycetophila</i>		1	12	52	65
		<i>Mycomyia</i>		0	7	5	12
		<i>Phronia</i>		0	0	1	1
		<i>Tetragoneura</i>		1	0	1	2
		<i>Zygomya</i>		0	0	2	2
	Phoridae		Moscas de los sarcófagos	0	0	12	12
	Psychodidae		Moscas del baño	0	10	0	10
	Rhagionidae		Moscas agachadizas	0	1	2	3
	Sarcophagidae		Moscas carroñeras	1	0	4	5
	Sciaridae	<i>Sciara</i>	Moscas oscuras de los hongos	21	19	14	54
	Sphaeroceridae		Mosca del estiercol	0	0	1	1
	Syrphidae	<i>Sterphus</i>	Moscas de las flores	0	3	0	3
		<i>Mimocalla</i>		0	0	1	1
	Tachinidae		Moscas taquinidas	5	3	10	18
	Tanypezidae			0	1	0	1
	Tipulidae		Moscas craneo	66	110	18	194
	Tipulomorpha					12	12
	Vermileonidae		Moscas gusanos leon	0	1	0	1
	Sin determinar			0	8	0	8
Hemiptera	Alydidae	<i>Protenor</i>		0	1	1	2
	Aphididae	<i>Aphis</i>		0	0	4	4
	Cicadellidae	<i>Portanus</i>		3	0	5	8

	Fulgoridae	<i>Fulgora</i>		0	0	1	1
	Membracidae	<i>Ennya</i>		7	8	0	15
	Miridae	<i>Neolygus</i>		0	0	1	1
	Pentatomidae	<i>Hypoxys</i>		1	0	0	1
	sin determinar			0	3	5	8
Hymenoptera	Apidae			0	2	3	5
		<i>Apis</i>		2	0	0	2
		<i>Bombus</i>		1	0	0	1
	Braconidae			6	3	0	9
	Evaniidae	<i>Evania</i>		0	1	1	2
	Ichneumonidae			12	24	42	78
	Pompilidae			2	0	0	2
	Tenthredinidae			0	2	0	2
	Trigonalidae			0	12	0	12
	Vespidae			0	10	0	10
	sin determinar			0	0	6	6
Lepidoptera	Geometridae	<i>Eratenia</i>		7	3	3	13
	Gracillariidae	<i>Acrocecorps</i>		3	0	0	3
	Noctuidae			1	0	0	1
	Nymphalidae	<i>Epiphile</i>		3	0	0	3
		<i>Pedaliodes</i>		2	0	0	2
	Tineidae			0	0	1	1
		<i>Acrolophus</i>		3	40	18	61
	sin determinar			0	5	3	8
Neuroptera	Chrysopidae			0	1	0	1
Odonata	Aeschnidae	<i>Rhinoeschna marchali</i>	Libelula	0	2	0	2
Orthoptera	Acrididae			4	2	0	6
	Eumastacidae			3	0	0	3
	Grillidae			4	0	0	4
	sin determinar			0	0	8	8
Psocoptera				0	8	6	14
Tysanoptera				0	0	1	1
Total				229	446	397	1072

Nota: En la tabla se encuentra la identificación taxonómica de los insectos recolectados en cada bosque.

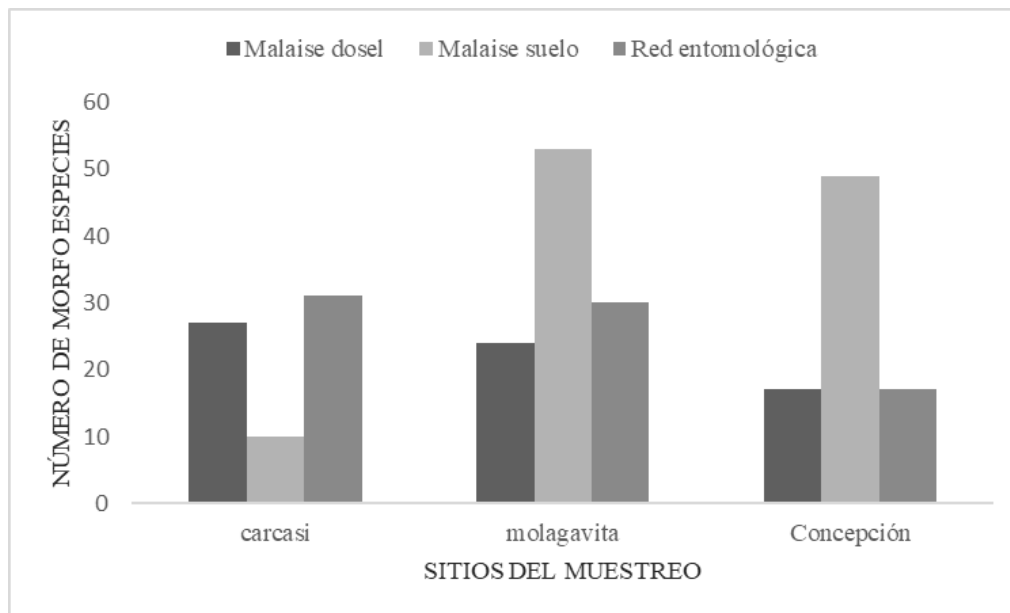
4.2 Riqueza y abundancia

4.2.1 Riqueza de individuos

En la **Figura 5** se muestran los resultados sobre la riqueza de morfoespecies capturadas las cuales varían entre los sitios y los métodos de muestreo. En Carcasí, se capturaron 27 morfoespecies al usar el método de Malaise dosel, 10 morfoespecies al emplear el método de Malaise suelo y 31 morfoespecies al emplear el método de red entomológica. En Molagavita, solo se capturaron 24 morfoespecies mediante Malaise dosel, mientras que el método de Malaise suelo capturó 53 morfoespecies y el método de red entomológica capturó 30 morfoespecies. Por último, en Concepción, se registraron 17 morfoespecies con Malaise dosel, 49 morfoespecies con Malaise suelo y 17 morfoespecies con red entomológica.

Figura 5.

Riqueza de individuos

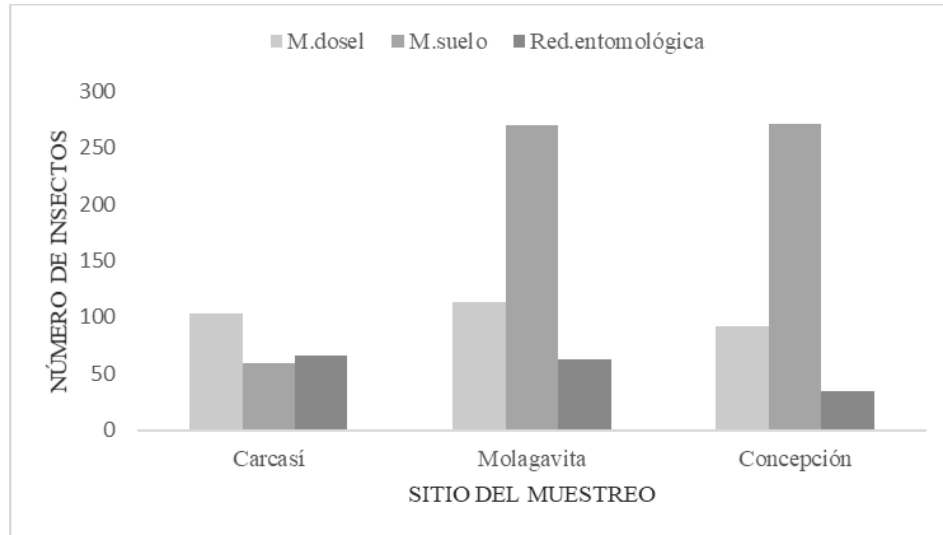


Nota: En la figura se muestra la riqueza de insectos presentes en cada bosque, clasificados por cada método de muestreo.

4.2.2 Abundancia de individuos

En la **Figura 6**, se muestra la abundancia o cantidad de insectos recolectados en cada sitio, categorizados según los métodos de muestreo: red entomológica, trampa Malaise en dosel y suelo. Se destaca que la cifra total de insectos asciende a 1072. El bosque que registró la menor abundancia de insectos fue Concepción, con 228 individuos. No obstante, el bosque con la mayor abundancia fue Molagavita, con un total de 446 individuos. Además, se evidencia que el método de muestreo más eficaz para la recolección de insectos resultó ser la trampa Malaise en suelo, con un total de 600 especímenes recolectados.

En términos de la abundancia con la captura de la trampa Malaise en el dosel, se observa que Molagavita tuvo la mayor cantidad de individuos con 113, seguido de Carcasí con 103 y Concepción con 91 individuos. Sin embargo, al considerar la abundancia en el suelo, Concepción fue el más abundante ya que registró 271 individuos, seguido por Molagavita con 270 y Carcasí con 59.

Figura 6.*Abundancia de individuos*

Nota: En la gráfica se muestra la abundancia de insectos presentes en cada bosque, clasificados por cada método de muestreo.

4.3 Índices de diversidad

4.3.1 Índice Shannon

Los resultados en la tabla 2 muestran que la diversidad de especies varía entre los sitios y los métodos de muestreo. En Carcasí, los valores de índice de Shannon fueron de 2,99 para red entomológica, 2,49 para la Malaise dosel y 1,76 para la Malaise suelo. Esto indica que la diversidad de especies es mayor según el método de red entomológica en comparación con los otros dos métodos de muestreo en este sitio. En Molagavita, los valores fueron 3,04 para la red entomológica, 3,01 para la Malaise suelo y 2,78 para la Malaise dosel. Aquí, el método de captura con la red entomológica muestra la mayor diversidad de especies en comparación con los otros dos métodos. Por último, en Concepción, los valores fueron 3,34 para Malaise suelo, 2,58 para red

entomológica y 2,28 para la Malaise dosel. En este sitio, el método de Malaise suelo también muestra la mayor diversidad de morfoespecies.

4.3.2 Índice Margalef

Al analizar los datos proporcionados en la tabla 2, se puede observar variaciones en la diversidad de especies entre los sitios de estudio y los métodos de muestreo empleados. En Carcasí, los valores del índice de Margalef son 7,16 para red entomológica, 5,61 para la Malaise dosel y 2,21 para la Malaise suelo. Estos resultados sugieren que la riqueza de especies es más alta en el método de red entomológica en comparación con los otros dos métodos de muestreo en este sitio. En Molagavita, los valores fueron 9,29 para Malaise suelo, 7 para red entomológica y 4,87 para Malaise dosel. Aquí, el método de la Malaise suelo muestra la mayor riqueza de especies en comparación con los otros dos métodos.

Por último, en Concepción, los valores son 8,56 para la Malaise suelo, 4,56 para red entomológica y 3,55 para la Malaise dosel. En este sitio, nuevamente, el método de Malaise suelo exhibe la mayor riqueza de especies.

Tabla 2.

Índice de diversidad Shannon y índice Margalef

Bosque	Índice Shannon			Índice Margalef		
	Malaise dosel	Malaise suelo	Red entomológica	Malaise dosel	Malaise suelo	Red entomológica
Carcasi	2,49	1,76	2,99	5,61	2,21	7,16
Molagavita	2,78	3,01	3,04	4,87	9,29	7
Concepción	2,28	3,34	2,58	3,55	8,56	4,56

Nota: En la tabla se muestra el índice de diversidad Shannon y índice Margalef correspondientes a cada bosque, clasificados por cada método de muestreo.

4.3.3 Índice Jaccard

En la tabla 3 se observa una diversidad de los métodos de muestreo entre las áreas estudiadas. En la comparación entre Carcasí y Molagavita, se aprecia que el muestreo de Malaise suelo arrojó un coeficiente de 0,09, mientras que el muestreo de Malaise dosel obtuvo 0,06, sugiriendo una similitud ligeramente mayor en el primer caso. En contraste, al comparar Carcasí con Concepción, los valores fueron 0,07 y 0,00 para las trampas Malaise suelo y la Malaise dosel, respectivamente, lo que indica una menor similitud.

Al examinar la diversidad beta entre Molagavita y Concepción, los valores obtenidos para el muestreo entomológico también muestran variabilidad, con 0,15 para la Malaise suelo y 0,14 para la Malaise dosel, evidenciando diferencias entre estas dos localidades.

Tabla 3.

Índice de similitud de Jaccard

Tipo de muestreo	Índice Jaccard		
	Carcasí - Molagavita	Carcasí - Concepción	Molagavita - Concepción
Malaise suelo	0,09	0,07	0,15
Malaise dosel	0,06	0,00	0,14

Nota: En la tabla se observan los valores de similitud obtenidos en los bosques mediante el índice de diversidad Jaccard.

4.4 Gremios tróficos

En la **Figura 7** se observa el número de individuos registrado para cada gremio trófico, es decir, los roles alimenticios que desempeñan los organismos en un ecosistema específico. Del análisis basado en los datos proporcionados, se tiene que con respecto a:

Carnívoros y carroñeros: Se observa una considerable cantidad de organismos que se alimentan de carne y carroña, con 39 morfoespecies siendo exclusivamente carroñeros y 33 morfoespecies que tienen una dieta combinada de carroñero y coprófago. Esto sugiere una actividad importante en la descomposición de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes dentro del ecosistema.

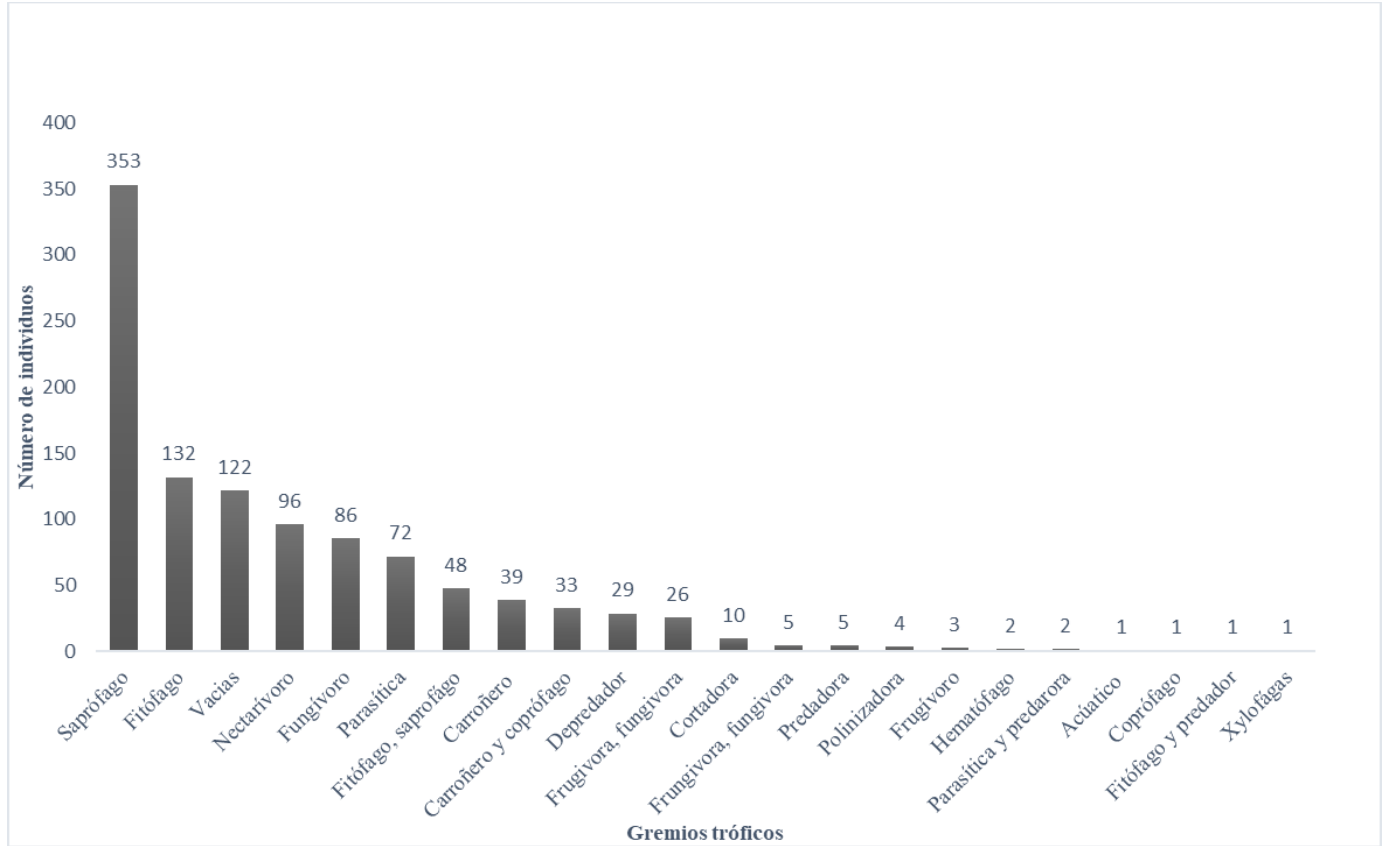
Herbívoros y fitófagos: Hay una alta presencia de herbívoros en el ecosistema, con 132 organismos identificados como fitófagos. Además, se registran algunos organismos que tienen una dieta mixta de fitófago y predador, así como fitófago y saprófago. Estos valores indican una fuerte interacción entre los organismos vegetales y los herbívoros, lo que puede influir en la estructura y la dinámica de la comunidad vegetal.

Consumidores de hongos y materia orgánica en descomposición: El número total de organismos que se alimentan de materia orgánica en descomposición (saprófagos), registró un total de 353. Esto sugiere una actividad importante en la descomposición de la materia orgánica muerta y la liberación de nutrientes en el suelo, lo que es crucial para el ciclo de nutrientes en el ecosistema.

Otros gremios tróficos: Se observan otros roles alimenticios en menor cantidad, como los consumidores de néctar, los polinizadores, los depredadores, los parásitos y los consumidores de madera (xylofagos). Aunque su número es menor en comparación con los grupos mencionados anteriormente, desempeñan funciones importantes en la polinización, el control de poblaciones y otros procesos ecológicos clave.

Figura 7

Gremios tróficos



Nota: En la gráfica se observa el número de individuos presentes en cada gremio identificado en el estudio.

5. Discusión

Los resultados indican que el bosque de Molagavita y el bosque de Concepción presentaron la mayor riqueza y abundancia de individuos y especies, posiblemente debido a características compartidas como la intervención antrópica y la proximidad a cultivos y potreros destinados a la ganadería. En contraste, el bosque de Carcasí, aunque recolectó menos individuos y especies, se

encontraba alejado de la frontera agrícola y tenía un acceso más difícil, esto sugiere que la diversidad observada en los bosques estudiados puede estar influenciada por el uso del suelo. Sin embargo, es importante resaltar que el estudio empleado no fue suficientemente sólido para afirmar con certeza esto, debido a que presentó varias limitaciones, como lapsos de tiempo cortos, falta de réplicas en las trampas, dificultades económicas y de acceso a las zonas, las cuales podrían afectar la robustez de los resultados. De igual manera se sugiere que futuras investigaciones empleen diseños experimentales más rigurosos y tecnificados, con un mayor lapso de tiempo que permita comparaciones en diferentes temporadas del año, como lo propone Janzen (1988), para obtener datos más confiables y robustos.

A pesar de los esfuerzos y la inversión económica dedicada a la identificación taxonómica de los insectos capturados en campo, no se logró llegar al nivel taxonómico de especie debido a la complejidad de esta labor. Autores como Rangel & Bernal, (1984), quienes han dedicado gran parte de su vida a realizar estudios de identificación taxonómica, destacan la falta de investigaciones de este tipo, debido a que es un área extensa de la biología y no cuenta con mucho personal capacitado como de financiamiento, lo que puede dificultar la realización de estudios exhaustivos en este campo.

Los bosques estudiados revelaron un patrón particular en relación con la diversidad promedio de Shannon y Margalef donde el bosque de Molagavita es el sitio con los índices más altos. Además, el análisis revela que el gremio trófico de los insectos saprófitos exhibe una riqueza de 353 individuos, con una contribución significativa a los procesos de descomposición dentro del bosque. En consonancia con las observaciones de Bärlocher et al. (2005), los organismos saprófitos son de importancia en la cadena trófica, al descomponer la materia orgánica muerta y transformarla en nutrientes inorgánicos, esenciales para el crecimiento y la sustentabilidad del

ecosistema forestal. De igual manera se encontró un bajo número de individuos polinizadores lo cual es preocupante ya que su presencia es esencial para mantener la diversidad de estos bosques.

Por otra parte, se encontraron 132 individuos pertenecientes al gremio trófico de los fitófagos, quienes se alimentan de tejido vegetal, lo que puede causar la degradación de los bosques de roble, afectando su salud y regeneración. Sin embargo, diversas teorías sugieren que las plantas desarrollan mecanismos de defensa para evitar afectaciones por estos insectos fitófagos, como lo afirma Pérez (1999) en su estudio "La especialización de los insectos fitófagos", donde recopila teorías de evolución y coevolución relacionadas con esta interacción planta-insecto. Por otro lado, la presencia destacada de los órdenes Hemiptera, Hymenoptera y Diptera en los resultados puede explicarse por el hecho de que numerosas especies de insectos que constituyen plagas o controladores biológicos pertenecen a estos órdenes. Estos insectos suelen encontrarse con frecuencia en los ecosistemas agrícolas debido a su importancia en la regulación de poblaciones de insectos plaga o en la polinización de cultivos (Vargas et al., 2014). Estudios realizados por Vargas, (2017) en un bosque del oriente de Cuba, rodeado de cultivos agrícolas, respaldan esta observación al encontrar una mayor riqueza y abundancia de insectos de los órdenes Hymenoptera y Hemiptera. Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos en el estudio actual.

6. Conclusiones

El estudio realizado enfrenta limitaciones para determinar en qué estrato del bosque existe mayor diversidad, ya que tanto la trampa de suelo como el proceso de colecta con red entomológica tienen la capacidad de capturar insectos tanto terrestres como de dosel.

Con respecto a la identificación taxonómica carece de la mayoría de géneros y especies debido a la complejidad del proceso, sin embargo, es un aporte a la literatura de entomofauna y

abre el camino a futuras investigaciones debido a que en la provincia de García Rovira no se ha empleado ningún estudio de diversidad de insectos.

Los valores más altos de diversidad alfa y beta se presentaron en el bosque de Molagavita, seguido de Concepción, y los valores más bajos en el Bosque de Carcasí. Sin embargo, para afirmar con certeza la veracidad de estos resultados, sería importante realizar colectas de insectos en diferentes momentos climáticos y contar con trampas instaladas simultáneamente en todos los sitios, así como implementar réplicas para obtener un mayor número de muestras y garantizar datos más confiables. Este enfoque más riguroso y sistemático ayudaría a validar y fortalecer las conclusiones del estudio, proporcionando una comprensión más completa de los patrones de diversidad de insectos en los bosques estudiados.

6. Recomendaciones

García Rovira presenta un ciclo estacional bimodal es decir dos temporadas de altas precipitaciones y dos temporadas de bajas precipitaciones, por tanto, es importante contrastar el comportamiento en la diversidad de insectos en cada una de estas temporadas por lo que se debe implementar muestreos en cada una de estas, por medios de la instalación de trampas en cada bosque obteniendo así muestras que permitan comparar la diversidad en cada bosque bajo dos temporalidades de precipitaciones diferentes.

Por otro lado, se recomienda implementar un diseño experimental robusto para obtener datos sólidos, e implementar réplicas de los métodos de muestreos para incrementar las muestras obtenidas, solicitar recursos económicos con entidades ambientales para ampliar la magnitud del estudio y contar con los materiales necesarios para ejecutar el proyecto, asociarse con

universidades que cuenten con laboratorios de entomofauna para ampliar la identificación taxonómica.

Referencias Bibliográficas

- Alvear, M., Betancur, J., & Franco-Rosselli, P. (2010). Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural los Nevados, Cordillera Central Colombiana.
- Avella Muñoz, A., & Cárdenas Camacho, L. M. (2010). Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el corredor de conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque, departamentos de Santander y Boyacá, Colombia. *Colombia forestal*, 13(1), 5-26.
- Bärlocher, F. (2005). *The ecology of aquatic hyphomycetes in streams and rivers*. Springer Science & Business Media.
- Basset, Y.; Novotny, V.; Miller, S.E.; Kitching, R.L. 2003. *Arthropods of Tropical Forests*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Bogo A., & Mangle P. (2000). Oligosaccharides in the Honeydew of Coccoidea Scale Insects: *Coccus hesperidum* L. and a New *Stigmacoccus* sp. In Brasil.
- Calderón-Patrón, J., & Moreno, C. (2019). Diversidad beta como disimilitud: su partición en componentes de recambio y diferencias en riqueza. *La biodiversidad en un mundo cambiante: fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*, 203-222.
- Cárdenas, L.D. & N.R. Salinas. 2007. Roble: *Quercus humboldtii* Bonpl.. pp.: 202-208. En: Cárdenas L.D & N.R. Salinas (eds). *Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá.
- Chapman, R. F. (2013). *The Insects: Structure and Function*. Cambridge University Press.

- Chará-Serna, A. M., Chará, J. D., del Carmen Zúñiga, M., Pedraza, G. X., & Giraldo, L. P. (2010). Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum*, 15(1), 27-36.
- Cortez Fernandez, C. (2006). Variación altitudinal de la riqueza y abundancia relativa de los anuros del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. *Ecología en Bolivia*, 41(1), 46-64.
- Corbet, P. S. (1999). *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Cornell University Press.
- Dos Santos Wolff, V. R., Witter, S., & Lisboa, B. B. (2015). Reporte de *Stigmatococcus paranaensis* Foldi (Hemiptera, Stigmatococcidae), insecto escama asociado con la producción de miel de mielato en Rio Grande do Sul, Brasil.
- Doube, B. M. (1990). The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). Occasional publication. Department of Agriculture, Western Australia.
- Erwin, T.L. 1988. The tropical forest canopy: the heart of biotic diversity. Págs. 123-129 in: E.O. Wilson, E.O (ed.), *Biodiversity*. National Academy Press, Washington D.C.
- Evans, J. W. (2017). *Wood-destroying insects*. Springer.
- García, L. M., Rodríguez, J. R., & Pérez, S. F. (2019). Valoración económica de los servicios ecosistémicos de los bosques: el caso de la comunidad de El Bosque, Ecuador. *Revista de Economía Ecológica*, 29, 67-82.
- Ghelardi, J. (Jun, 1964). A Table for Calculating the Equitability Component of Species Diversity. *The Journal of Animal Ecology*, Vol. 33, No. 2, pp. 217-225.
- Godfray, H. C. J. (1994). *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press.

- Gómez, L., Rodríguez, R., & Pérez, J. (2020). Influence of detritivore insects on nutrient cycling in oak forests. *Journal of Applied Entomology*, 144(7), 548-556.
- Grimaldi, D., & Engel, M. S. (2005). *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press.
- Hanula, J. L., Wade, D. D., & Ulyshen, M. D. (2011). Insect fauna associated with the fruiting bodies of bracket fungi in the oak-hickory forests of the southeastern United States. *Florida Entomologist*, 94(3), 480-483.
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida* (No. 83). Agroamérica. Inouye, D. W. (1980). The terminology of floral larceny. *Ecology*, 61(1), 125-132.
- Janzen, D. 1988. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75 (1): 106 -116
- Konrad, R.; Wäckers, F. L.; Romeis, J.; Babendreier, D. 2009. Honeydew feeding in the solitary bee *Osmia bicornis* as affected by aphid species and nectar availability. *Journal of Insect Physiology* 55: 1158-1166.
- Lehane, M. J. (2005). *The Biology of Blood-Sucking in Insects*. Cambridge University Press.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Malumphy, C. (1997). Honeydew - a Sticky Business. *Bee Craft*, 79(8), 283-285.
- Martín-Vega, D., Moleón, M., Peso, J. M., Sánchez-Zapata, J. A., Pérez-García, J. M., & Botella, F. (2021). Carcass availability drives the role of facultative scavengers in marine ecosystems. *Science of the Total Environment*, 784, 147175.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall Hunt.
- Molles, M. C., & Cahill, J. F. (2014). *Ecology: Concepts and Applications*. McGraw-Hill Education.

- Nielsen, V. (2003). Métodos para recolectar insectos.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326.
- Ortiz, J., y Salazar, R. (2018). Infestación abundancia del *Stigmacoccus asper* Hempel en un bosque de *Quercus humboldtii* Bonpl, en la vereda Potrero de Rodríguez, municipio de Molagavita (Santander).1200.
- Pfadt, R. E. (2002). Field Guide to Common Western Grasshoppers. Wyoming Agricultural Experiment Station.
- Rangel, N. & Bernal.. 1984. La entomofauna asociada a tres formaciones vegetales. Boletín Divulgativo Departamento de Biología Universidad Nacional 1 (2): 34-51
- Rendón Hernández, E. (2009). Evaluación del potencial de los servicios ambientales en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México (Doctoral dissertation).
- Robinson, G. T., Betancur, J., & Cadena-M, J. J. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del santuario de flora y fauna guanentá-alto río fonce, cordillera oriental colombiana/Structure and floristic composition of four Andean forests from the "Santuario de Flora y Fauna Guanentá-Alto Río Fonce", East Colombian Andes. *Caldasia*, 313-335.
- Rodríguez, P., & Vázquez-Domínguez, E. (2003). Escalas y diversidad de especies. Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, 109-114.
- Rosselli, L., De La Zerda, S., & Candil, J. (2017). Cambios en la avifauna de un relicto de bosque en la franja periurbana de Bogotá a lo largo de catorce años. *Acta Biológica Colombiana*, 22(2), 181-190.

- Sarmiento, C. E. (2003). Capítulo 12 Metodologías de captura y estudio de las hormigas. *Introducción a las hormigas de la región neotropical*, 201.
- Seraglio, S. K. T., Silva, B., Bergamo, G., Brugnerotto, P., Gonzaga, L. V., Fett, R., & Costa, A. C. O. (2019). An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. *Food Research International*, 119, 44-66.
- Smith, A. B., & Johnson, C. D. (2018a). The Importance of Forests for Biodiversity and Climate Change Mitigation. *Environmental Science*, 4(3), 75-84.
- Smith, A. B., & Johnson, C. D. (2018b). Identifying Insects in Oak Forests: A Key to Biodiversity and Conservation. *Journal of Forest Entomology*, 42(3), 123-137.
- Smith, A. B., & Jones, C. D. (2018). Roles of insect pollinators in oak forest ecosystems. *Environmental Entomology*, 47(3), 537-545.
- Spottiswoode, C. N., & Møller, A. P. (2004). Genetic similarity and hatching success in birds. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(1557), 267-272.
- Stork, N.E.; Best, V. 1994. European Science Foundation - results of a survey of European canopy research in the tropics. *Selbyana* 15:51-62.
- Stork, N.E.; Hammond, P.M. 1997. Sampling arthropods from tree-crowns by fogging with knockdown insecticides: lessons from studies of oak tree beetle assemblages in Richmond Park (UK). Págs. 3-26. in: Stork, N.E.; Adis, J.A.; Didham, R.K. (eds.), *Canopy Arthropods*. Chapman and Hall, London.
- Stork, N.E.; Adis, J.; Didham, R.K. (eds.) 1997. *Canopy Arthropods*. Chapman and Hall, London.
- Tobón, C. 2009.. *Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ecobona – intercooperation, condesan. Quito. 122p.*

- Vårdal, H., & Taeger, A. (2011). The life of René Malaise: from the wild east to a sunken island. *Zootaxa*, 3127, 38-52.
- Vargas, B, Pupo, Y. G., Fajardo, L., Puertas, A. L. y Rizo, M. (enero-marzo, 2014). Riesgos y beneficios de tres especies arvenses en ecosistemas agrícolas. *Ciencia en su PC*, 1, 27-37.
- Vargas-Batis, B., Mendoza-Betancourt, E. O., Escobar-Perea, Y., González-Pozo, L., & Rizo-Mustelier, M. (2017). Diversidad entomológica en dos fincas de la agricultura suburbana en Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, (2), 23-43.
- Wilson E.O.M. 1988. The current state of biological diversity. Pp. 3-17 In: E.O.M.
- Zarco, V.M., Valdez, J.I., Angeles y G. Castillo, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua blanca, Macuspana, Tabasco. *Uciencia*. 26(1):1-17. pg. 5-6.

Apéndices

Apéndice A. Evidencia fotográfica de trabajo de campo.



