

UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Diversidad de insectos en diferentes estados sucesionales de la Reserva Natural Madre Verde en Palmares de Alajuela: un estudio comparativo

Michelle González Méndez

Palmares

Mag. Ana Victoria Wo Ching Wong

Noviembre, 2023

Dedicatoria

Este trabajo es el resultado de un viaje lleno de aprendizaje, desafíos y logros, y no podría haber llegado a este punto sin el apoyo incondicional de mis padres.

A mi papá, José González Carmona, un pilar incansable en mi camino hacia la culminación de este proyecto. A lo largo de toda mi carrera y en cada decisión de mi vida, ha sido mi guía, demostrando su amor a través de actos de servicio y sacrificio desinteresado.

A mi mamá, Elizabeth Méndez González, un faro de apoyo y comprensión. Ha sido mi confidente en cada etapa, compartiendo tanto los momentos buenos como los desafíos. Sus consejos y su ánimo han sido el motor que me impulsa a seguir adelante.

Este logro no solo es mío, sino también de ustedes.

Con gratitud eterna,

Michelle González Méndez

Agradecimientos

Es un honor extender mi reconocimiento a los funcionarios de la Reserva Natural Madre Verde por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mi investigación en este entorno. En particular, deseo resaltar la contribución de Pamela Campos, Jessica Fernández y Kenneth Bolaños. Además, agradezco la guía brindada por el funcionario del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Víctor Vega, cuya experiencia y conocimientos han sido de gran ayuda.

A mi tutora, Ana Victoria Wo Ching Wong, le expreso mi más sincero agradecimiento por su orientación desde el primer día. Su vasta experiencia, compromiso y disposición han sido elementos clave para la elaboración de este trabajo.

Agradezco el apoyo de amigos y familiares, tanto dentro como fuera del campo de estudio. Mi gratitud se extiende especialmente hacia José González Carmona, Elizabeth Méndez González, Luis Chaves Araya, Samantha González Méndez, Michael González Méndez, Cristian Arias González, Lili González Camacho, Jimmy Fernández Orozco y Melissa Cascante Huertas.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la diversidad de insectos en tres estados sucesionales distintos dentro de la Reserva Natural Madre Verde, además de explorar su relación con los servicios ecosistémicos asociados. La caracterización de la vegetación en los estados sucesionales se llevó a cabo mediante parcelas de muestreo, recopilando datos de insectos mediante trampas y observaciones, que se evaluaron a través de análisis de similitud y técnicas de ordenación. Las interacciones ecológicas se investigaron mediante observaciones directas y revisión bibliográfica, mientras que la identificación de factores de amenaza se basó en una exploración literaria respaldada por un formulario en línea. Los resultados revelaron patrones en la diversidad de insectos, con adaptaciones particulares para cada estado sucesional. El análisis de similitud señaló estabilidad en la composición de especies en sucesión temprana e intermedia, con cambios notorios en la fase avanzada. Grupos como coleópteros, himenópteros, dípteros, lepidópteros, dermápteros y ortópteros fueron identificados como insectos clave, cuyas interacciones ecológicas variaron a lo largo de las sucesiones, indicando niveles de complejidad y adaptabilidad. La participación activa y la percepción tanto de visitantes como de expertos subrayaron la trascendencia de la biodiversidad y la necesidad de incluir actividades educativas y de conservación en la reserva. Este sitio se considera un microcosmos evolutivo, resaltando el significado de las áreas naturales protegidas en la interacción armoniosa entre la naturaleza y las actividades humanas. Manteniendo su enfoque central en educación, investigación y conservación asegurando la supervivencia y prosperidad de la biodiversidad. Aunque la observación optimista muestra una presencia saludable de insectos, desafíos como la falta de conocimiento local y amenazas como el cambio climático requiere de acciones inmediatas. Se proponen programas educativos y la colaboración entre la comunidad, científicos y conservacionistas para garantizar la salud y diversidad de los insectos en la reserva.

Índice de contenido

1. Introducción.....	7
1.2. Planteamiento del problema	9
1.3. Justificación	10
1.4. Objetivos.....	12
1.4.1. Objetivo general.	12
1.4.2. Objetivos específicos.....	12
2.1. Importancia Ecosistémica de los Insectos	13
2.2. Principales Órdenes de Insectos en los Bosques Tropicales	13
2.3. Transformación Continua de los Ecosistemas	14
2.4. Interacciones entre Insectos y su Entorno	16
2.5. Relación entre Insectos y Estratos de la Vegetación.....	17
2.6. Influencia de los Insectos en Ambientes Agrícolas	18
2.7. Servicios Ecosistémicos de los Insectos	20
2.8. Amenazas y Conservación Entomológica	21
2.9. Bosques Tropicales, Desafíos y Transformación.....	22
2.10. Conservación y Manejo de Reservas Naturales.....	23
3.1. Enfoque, Tipo y Diseño de Investigación.....	24
3.2. Contexto de la investigación	25
3.3. Técnicas, Instrumentos y Análisis de Datos	27
3.3.1. Diversidad y composición de insectos en tres estados de sucesión ecológica de la reserva. 27	
3.3.2. Interacciones ecológicas más relevantes entre los insectos y su entorno en cada uno de los estados sucesionales evaluados.	28
3.3.3. Principales factores de amenaza que impactan a los grupos de insectos clave presentes en la Reserva Natural Madre Verde.	29
4. Resultados.....	29
4.1. Morfoespecies Vegetales en Diferentes Estados de Sucesión Ecológica.....	29
4.3. Variaciones en las Interacciones Ecológicas	31
4.4. Análisis Integral de Participación y Perspectivas	33
5. Discusión	34
5.1. Morfoespecies Vegetales en Diferentes Estados de Sucesión Ecológica.....	34
5.2. Análisis de Similitud y Ordenación de la Diversidad y Composición de Insectos.....	35

5.3.	Análisis Integral de Participación y Perspectivas	38
6.	Conclusiones.....	40
6.1.	Diversidad y Composición de Insectos en tres Estados Sucesionales de la Reserva	40
6.2.	Factores que Amenazan la Conservación de los Grupos de Insectos Clave de la Reserva	41
6.3.	Análisis Integral de Participación y Perspectivas	41
7.	Recomendaciones	42
7.1.	Implementar programas de monitoreo continuo.	42
7.2.	Integrar resultados en programas de educación ambiental.	42
8.	Referencias	43
9.	Anexos	50

Índice de figuras

Figura 1.	Mapa Turístico de la Reserva Natural Madre Verde	26
Figura 2.	Representación visual del análisis de similitud y ordenación de la diversidad y composición de insectos en la Reserva Natural Madre Verde.	31
Figura 3.	Patrones de interacciones bióticas en la etapa temprana de la sucesión ecológica.	32
Figura 4.	Patrones de interacciones bióticas en la etapa intermedia de la sucesión ecológica.	32
Figura 5.	Patrones de interacciones bióticas en la etapa avanzada de la sucesión ecológica.	33

1. Introducción

1.1. Antecedentes

En un mundo donde la conciencia ambiental y la imperiosa búsqueda por comprender y preservar los ecosistemas que cada vez son más relevantes, la investigación científica emerge como una preciada herramienta. A través de estudios realizados en diversas regiones, utilizando enfoques variados, los científicos se han interesado en las interacciones presentes entre la fauna, la flora y el entorno natural. Cada estudio aporta una perspectiva única sobre la biodiversidad y la compleja relación entre los seres vivos y su entorno, enfatizando la apremiante urgencia de preservar nuestro invaluable patrimonio natural y de tomar medidas para su conservación.

Barquero-Elizondo et al., publica en el 2019 un estudio titulado "Asociación entre abejas sin aguijón (*Apidae*, *Meliponini*) y la flora del bosque seco en la región norte de Guanacaste, Costa Rica" en el cual se investigan las complejas relaciones entre las abejas sin aguijón y la diversa flora del Parque Nacional Palo Verde. Este análisis abarca la realización de inventarios de nidos de estas abejas, el estudio de polen recolectado tanto de las plantas como de las propias abejas, y un detallado examen de la vegetación circundante. Los resultados destacan la preferencia marcada por la especie *Quercus oleoides* como lugar de anidación, así como la dominancia de la familia botánica Fabaceae en el aspecto florístico. Este estudio permite la comprensión de las complejas interacciones entre las melipónidas y la variada flora en distintos estados sucesionales del sitio, así como los procesos de polinización en este ecosistema.

Por otra parte, en una investigación realizada por Sandoval et al., en el año 2019, y que se titula "The Forgotten Habitats in Conservation: Early Successional Vegetation", se propuso como objetivo investigar la diversidad, la distribución y las complejas interacciones entre la diversidad de especies en estados de sucesión temprana, utilizando para ello una metodología que identifica los tipos más comunes de vegetación pionera en el Valle Central de Costa Rica. El estudio logra ejemplificar la relevancia de estos hábitats como depósitos de diversidad biológica, involucrando plantas, insectos, mariposas, aves y mamíferos, enfatizando la proyección de investigaciones adicionales. Los resultados revelan la sorprendente diversidad y vulnerabilidad de estas especies, recalcando cómo la disminución de estos hábitats impacta negativamente su

conservación, y pone de relieve la urgencia de proteger y estudiar la vegetación en estados de sucesión temprana para preservar su diversidad a lo largo de la historia.

Asimismo, en su estudio titulado "Tendencias Globales en las Poblaciones de Insectos," publicado en 2021, Sánchez-Bayo y Wyckhuys abordaron la preocupante situación de las poblaciones de insectos en el contexto del Antropoceno, una época caracterizada por los profundos impactos de la actividad humana en la biodiversidad. Para lograrlo, llevaron a cabo una revisión exhaustiva de 100 estudios a largo plazo y realizaron un análisis de las tendencias en 10 órdenes taxonómicos de insectos, utilizando datos recopilados en diversas regiones y décadas. Los resultados obtenidos revelaron un panorama inquietante, con un número significativo de especies de insectos mostrando declives preocupantes, mientras que otras especies relacionadas con la agricultura y consideradas como plagas presentaron un incremento poblacional. Estos hallazgos enfatizaron la urgencia de abordar este desafío global, dado la labor de los insectos en la biosfera y la seguridad alimentaria, y subrayaron la existencia de soluciones científicas para afrontar esta problemática.

De la misma forma, Arasa-Gisbert et al. (2021) abordaron en su artículo "El debate sobre los efectos de la fragmentación del hábitat: causas y consecuencias" el objetivo de comprender los requisitos ecológicos de las especies y atribuyeron el declive de la biodiversidad a la pérdida de hábitat. Su metodología implicó el análisis del debate en torno a la fragmentación del hábitat, identificando causas subyacentes que influyeron en la elección de enfoques de investigación específicos. La evidencia científica respalda el impacto negativo de la pérdida de hábitat en la mayoría de las especies, y se considera como una causa significativa de la disminución de la biodiversidad a nivel mundial. Esto conduce a conclusiones divergentes, ya que algunos investigadores afirman que la fragmentación genera impactos negativos y reveladores, mientras que otros sugieren que estos efectos son menos marcados o incluso positivos en ciertos casos. Se comprende que las razones detrás de este debate son cruciales para el desarrollo de estrategias de conservación más efectivas.

Finalmente, los autores Rodríguez et al. (2023) publicaron un artículo titulado "Servicios ecosistémicos de bosques: producción agropecuaria" con el objetivo de evaluar el impacto de la conservación de servicios ecosistémicos, como la polinización, el control de plagas y la provisión de agua provenientes de bosques circundantes en la producción agrícola. Para llevar a

cabo su estudio, emplearon enfoques teóricos y métodos empíricos de observación científica en el terreno. Los resultados del estudio revelaron que la en el municipio Viñales de Pinar del Río en Cuba, presenta problemas relacionados con la vegetación y los recursos forestales, lo que resaltó llevar a cabo programas de reforestación. Además, se identificaron diversas especies de árboles en la región, y se destacaron servicios ecosistémicos esenciales, como el control del agua y la polinización. La investigación también mostró la presencia de diversidad de aves y reptiles, concluyendo a los servicios ecosistémicos, especialmente en la biodiversidad y la conservación del suelo y el agua.

1.2. Planteamiento del problema

La Reserva Natural Madre Verde ofrece ecosistemas de riqueza biodiversa que aportan al equilibrio ecológico de la zona, dando lugar a programas de educación ambiental, así como la práctica de actividades turísticas respetuosas con el entorno (Rodríguez, 2023). No obstante, la reserva afronta un gran desafío, que consiste en la falta de información precisa sobre la composición de insectos y su relación con los diferentes estados sucesionales del lugar. La falta de información de este tipo repercute en la comprensión del estado actual de estos artrópodos, ya que de persistir su disminución, se podría tener un efecto adverso en la capacidad futura de la reserva para brindar sus servicios ecosistémicos.

La relación entre la composición de la vegetación, la disponibilidad de recursos alimenticios y la diversidad de insectos en un área específica es un fenómeno ampliamente reconocido en la ecología. A manera de ejemplo, considérese el caso de un sector de la reserva que está experimentando una transición hacia un estado más avanzado de sucesión ecológica. En este proceso, el cambio en la estructura del hábitat, como la madurez de la vegetación y la disponibilidad de alimentos, probablemente influirán en las características de la comunidad de insectos (Esquembre et al., 2022). Esta evolución ambiental puede afectar la abundancia y la diversidad de especies de insectos presentes en el área, ya que diferentes especies pueden adaptarse de manera distinta a estas transformaciones.

Las caminatas nocturnas que se llevan a cabo en la reserva durante las actividades turísticas respaldan la idea de obtener datos que posteriormente den forma a material informativo que precise sobre la distribución y composición de los insectos en este entorno, agregado que

desempeñan un papel vital como proveedores de servicios ecosistémicos, especialmente en lo que respecta a la regulación de procesos naturales y la prevención de eventos adversos como la descomposición ineficiente de materia orgánica, el desequilibrio en las cadenas alimenticias y la disminución en la polinización (Moreno, 2020). Estos servicios incluyen también la capacidad de controlar poblaciones de otros organismos y su influencia en la salud general del ecosistema.

Sin embargo, a nivel global, la entomofauna, es decir, el conjunto de especies de insectos, está experimentando un colapso constante, lo que representa un riesgo global para las funciones y los servicios que los insectos proporcionan al ecosistema, como el control de plagas, la polinización, la purificación del agua y la formación del suelo (Van der Sluijs, 2020). La poca atención y acción en todos los ámbitos, desde la investigación científica sobre este problema hasta la conservación de los hábitats naturales, es una preocupación urgente que trasciende las fronteras nacionales y requiere una respuesta coordinada a nivel mundial.

Para abordar estas situaciones y contribuir a una mejor comprensión de la diversidad de insectos en los diferentes estados sucesionales de la Reserva Natural Madre Verde, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo varía la diversidad de insectos en los diferentes estados sucesionales de la Reserva Natural Madre Verde y cuáles son las causas que influyen en estas variaciones?

1.3. Justificación

La presente investigación se enfoca en su contribución al manejo de la diversidad de insectos en los distintos estados sucesionales que conforman la Reserva Natural Madre Verde. A diferencia de investigaciones previas, que se limitaron principalmente al estudio de grupos polinizadores (Orozco et al., 2021), este estudio se propone subsanar un vacío de conocimiento al incluir una amplia variedad de insectos que habitan en este sitio. Esta aproximación holística proporcionará una comprensión más completa de la comunidad de insectos y sus interacciones en diferentes etapas de sucesión, lo que a su vez respaldará un enfoque más integral en la conservación y gestión de la reserva.

La diversidad de insectos no solo es necesaria para el funcionamiento saludable de los ecosistemas, sino que también tiene un impacto directo en el bienestar humano. Estos artrópodos desempeñan un papel insustituible al proporcionar servicios ecosistémicos. Por ejemplo, la

polinización de plantas, llevada a cabo en gran medida por insectos, es imprescindible para la producción de alimentos y la salud de los cultivos agrícolas. Además, los insectos actúan como controladores naturales de plagas al depredar individuos de especies consideradas perjudiciales, contribuyendo así a la agricultura sostenible. Asimismo, su participación en la descomposición de la materia orgánica es esencial para la salud de los suelos y el ciclo de nutrientes (Doyle et al., 2020).

Se recalca que, durante la temporada de lluvias, la humedad y la temperatura son favorables para el crecimiento y la reproducción de muchos artrópodos, mientras que, durante la estación seca, la mayoría de las especies se vuelven menos activas y algunas entran en un estado de letargo (Basset et al., 2019). Es por esta razón que la presente investigación se lleva a cabo durante el período de transición de la época seca a la época lluviosa, con el objetivo de capturar un momento crítico para muchos insectos, ya que en su mayoría están adaptados a condiciones climáticas específicas de cada época.

En la metodología utilizada, se adopta un enfoque innovador al combinar observaciones sistemáticas de insectos en diversas áreas seleccionadas con una revisión exhaustiva de la literatura científica. Esta estrategia permite una comprensión más completa de la relación entre los insectos y los servicios ecosistémicos al integrar el conocimiento empírico con el contexto teórico existente. Aunque no se mencionan explícitamente nuevos mecanismos o procedimientos creados, la combinación estratégica de estos dos métodos representa una aproximación metodológica novedosa que podría tener aplicaciones en otras investigaciones que busquen analizar relaciones ecológicas complejas.

Además, el uso de herramientas estadísticas adecuadas para analizar los datos recolectados, como se ejemplifica en el estudio comparativo de Cultid-Medina y Escobar (2019), contribuye a fortalecer la robustez de la metodología empleada en este estudio. Esta elección metodológica no solo es pertinente, viable y factible para abordar la pregunta de investigación y avanzar en la comprensión de la ecología de los insectos y su impacto en los servicios ecosistémicos, sino que también posee el potencial de influir positivamente en futuras investigaciones relacionadas con esta área de estudio.

El estudio sobre la biodiversidad de insectos en la Reserva Natural Madre Verde tiene una aplicación práctica fundamental. Los principales beneficiarios de esta investigación son los

gestores de la reserva, quienes pueden utilizar los hallazgos para desarrollar estrategias de conservación más efectivas y adaptadas a la biodiversidad local. Además, estos resultados se convierten en herramientas valiosas para la educación que se ofrece a los visitantes, lo cual enriquece su experiencia y fomenta un mayor respeto por el entorno natural. Mientras que, a nivel comunitario, la investigación proyecta aumentar la conciencia sobre el estado de los insectos y sus servicios ecosistémicos, fomentando de este modo una comprensión más profunda de la relación entre la biodiversidad y la calidad de vida.

El enfoque del presente estudio se relaciona con la línea de investigación del manejo de la biodiversidad y los ecosistemas. Según Wilson y Fox (2021), el estudio de la diversidad de insectos en diferentes estados sucesionales de reservas naturales y su relación con los servicios ecosistémicos se enmarca dentro de la gestión y conservación de la biodiversidad, lo que tiene implicaciones para el manejo y la planificación de los recursos naturales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Determinar la diversidad de insectos en tres estados sucesionales de la Reserva Natural Madre Verde y su relación con los servicios ecosistémicos que proveen, para el desarrollo de estrategias que prevengan la disminución de sus poblaciones.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Reconocer la diversidad y la composición de insectos en tres estados sucesionales de la Reserva Natural Madre Verde.
- Identificar las interacciones ecológicas más relevantes entre los insectos y su entorno en cada uno de los estados sucesionales evaluados.
- Evaluar los principales factores que amenazan la conservación de los grupos de insectos clave presentes en la Reserva Natural Madre Verde.

2. Marco Teórico

2.1. Importancia Ecosistémica de los Insectos

En el núcleo mismo de la existencia en nuestro planeta reside la riqueza de la diversidad biológica, que abarca desde diminutos microorganismos hasta imponentes mamíferos majestuosos (Herrera, 2021). Aunque su estudio apenas ha cobrado sentido en las últimas tres décadas, se ha revelado como una fuente inestimable de conocimiento que impulsa la implementación eficaz de estrategias para la gestión y conservación efectiva de nuestros preciados recursos naturales. Esta perspectiva no solo pretende proteger la riqueza natural que nos rodea, sino que también busca asegurar un legado duradero para las generaciones venideras.

Comprender la interdependencia entre los insectos y plantas es crucial para mantener la estabilidad en los ecosistemas. Desde los herbívoros que regulan las poblaciones vegetales hasta los parasitoides que controlan las poblaciones de herbívoros, los insectos desempeñan roles en los ecosistemas. Su presencia y actividades impactan directamente la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas. (Campos y Poveda, 2022). Además de estas funciones, los insectos también son relevantes en la polinización, descomposición de la materia orgánica y, en muchos casos, en la comprensión de la salud general de los ecosistemas.

La falta de conocimiento y aprecio por los insectos y la biodiversidad plantea desafíos. Para cambiar esta perspectiva, se requieren transformaciones profundas en la cultura y la educación, que vayan más allá de los confines de la ciencia y la tecnología. Estudios como el realizado por Rendoll-Cárcamo et al. (2020), el cual se centra en comprender y valorar determinados grupos de insectos, ejemplifica que la intersección entre la ciencia, la filosofía y la educación ambiental puede generar una mayor comprensión sobre la diversidad biológica.

2.2. Principales Órdenes de Insectos en los Bosques Tropicales

Los coleópteros, comúnmente conocidos como escarabajos, cumplen una función imperativa en los ecosistemas de la región ecuatorial, contribuyendo significativamente a la biodiversidad y al equilibrio de estos entornos, según investigaciones recientes de Londoño-Alejo y Cabra-García (2023). En el suborden Geodephaga, destacan las familias Carabidae, Cicindelidae y Trachypachidae, que constituyen una parte importantes de la diversidad biológica

en estos hábitats. Sin embargo, la transformación del entorno plantea la urgencia de investigaciones más profundas sobre cómo estos insectos responden a los cambios ambientales.

El orden Himenóptera, al que pertenecen las superfamilias Apoidea, Vespoidea y Formicoidea, desempeña un papel en los ecosistemas como polinizadores, parasitoides y depredadores. Estos insectos han sido identificados como indicadores importantes de la complejidad de las redes tróficas y del estado de salud general del ecosistema (Sasa et al., 2022). Su presencia y diversidad se asocian con la calidad del hábitat y el grado de alteración de la cobertura vegetal. El estudio detallado de los himenópteros, especialmente en términos de géneros ecológicos, proporciona información para comprender la dinámica de estos insectos.

Con una asombrosa diversidad que abarca entre 112 000 y 165 000 especies, según Mejillón-Vargas y Suárez-Vera (2023), los lepidópteros, que incluyen tanto mariposas como polillas, se destacan como un grupo de insectos notablemente extenso y variado. Se utilizan como indicadores de la salud del ecosistema, mostrando una sensibilidad única a los cambios ambientales. Además, cumplen funciones valiosas al actuar como polinizadoras y eslabones en la cadena trófica. Su estrecha asociación con la cobertura vegetal resalta la que se debe comprender y preservar estos insectos en una variedad de hábitats, destacando la contribución particular en entornos tropicales húmedos, tal y como es el caso del sitio de estudio, que ha sido reconocido como bosque tropical húmedo con diferentes estados de sucesión.

El orden Díptera, reconocido por su contribución a los servicios ecosistémicos, destaca por su prevalencia en variados de entornos, con una capacidad intrínseca para proporcionar servicios a los ecosistemas según ha sido documentado en estudios recientes (Alfonso-Sosa et al., 2023). Dentro de la reserva, este grupo se subdivide en los subórdenes Nematocera, Brachycera, Cyclorrhapha y Sarcophagidae, y su presencia generalizada, así como su amparo en los procesos ecológicos principiante en la descomposición de la materia, permite comprender como es que estos componentes de la biodiversidad aportan en el mantenimiento del sitio.

2.3. Transformación Continua de los Ecosistemas

La sucesión ecológica, según Rodríguez y Sterling (2020), se establece como un pilar en la restauración de paisajes fragmentados. Este proceso revela la capacidad de la naturaleza para revitalizar áreas que han sido perturbadas, ilustrando cómo los ecosistemas se adaptan y

transforman con el tiempo y las condiciones propicias. Al comprender esta dinámica, se demuestra el frágil equilibrio presente entre la biodiversidad y los recursos naturales durante los procesos de restauración. Esto no solo subraya la resiliencia de los ecosistemas, sino también su habilidad para encontrar estabilidad tras perturbaciones significativas, lo cual ha sido posible gracias a su adaptabilidad y capacidad de recuperación.

La preocupación global por el cambio climático abarca desde las variaciones climáticas a corto plazo hasta la transformación constante de los ecosistemas, fenómeno que resulta de la interacción entre factores que van desde procesos naturales hasta actividades humanas (Vieira, 2021). Estos cambios han dejado una importante marca en los patrones climáticos y la estructura de los ecosistemas, manifestándose en pérdidas aceleradas de biodiversidad y alteraciones en las rutas migratorias de las especies. Su impacto va más allá de las cifras y gráficos, ya que se nota de manera palpable en nuestro entorno cotidiano. Los patrones climáticos están en constante cambio, lo que conduce a fenómenos meteorológicos extremos y condiciones impredecibles.

Se debe tener en cuenta que la crisis medioambiental deriva de un modelo económico de producción que omite las externalidades y costos ambientales. Los cuales son externalizados hacia un sector específico o asumidos por la sociedad en su conjunto, tal y como ilustra el caso del cambio climático. Este modelo ha desencadenado conflictos entre las perspectivas ecologistas y productivistas, según destaca Abellán-López (2021). La divergencia de enfoques que surge de esta problemática plantea desafíos sustanciales en la búsqueda de soluciones efectivas. Ante este panorama, se hace evidente la necesidad de una comprensión profunda del tema, así como la implementación de programas de alfabetización climática que permiten educar a las generaciones futuras sobre los desafíos ambientales, fomentando la conciencia y la acción colectiva para abordar estos problemas de manera efectiva.

La participación ciudadana en relación con el cambio climático, como lo establece la Declaratoria Universal de los Derechos Humanos, según Álvarez (2019), va más allá de la mera acción de votar y conlleva la intervención activa de la población en los procesos de toma de decisiones. A medida que el tiempo avanza, esta participación ha experimentado una evolución significativa, ampliándose para abarcar formas más diversas de compromiso.

2.4. Interacciones entre Insectos y su Entorno

En el contexto de los factores ambientales, se tiene a los bióticos y abióticos, distinguidos en la riqueza y complejidad de la biodiversidad en los ecosistemas, como lo destaca Romero-Añazco (2020). A una escala más amplia, los factores bióticos, que comprenden desde microorganismos hasta plantas y animales, participan de forma intrincada en la formación y dinámica de los ecosistemas. Paralelamente, los factores abióticos, como el clima, el suelo y la luz solar, entre otros elementos no vivos del entorno, también desempeñan un papel crucial. Estos elementos, al ser los componentes del medio ambiente, determinan en gran medida la disponibilidad de recursos para los ecosistemas.

Ahondando en esta compleja red de interacciones, se destaca el trabajo de Giraldo-Jaramillo (2020) al subrayar que comprender a fondo estas dinámicas se usa para desarrollar estrategias de manejo efectivas. Esto se magnifica en un contexto de cambio climático constante, donde las condiciones climáticas pueden fluctuar drásticamente, desafiando así la estabilidad de los servicios ecosistémicos. Es a través de este entendimiento detallado que podemos anticipar y responder de manera adecuada a las variaciones del entorno, asegurando así la continuidad y vitalidad de nuestros ecosistemas en un mundo en constante transformación.

Esta alteración, exacerbada por la deforestación y cambios en la composición de especies según señalan Gómez-Guerrero et al. (2021), amplifica aún más la fragilidad de la red ecológica. La pérdida de áreas forestales tiene consecuencias en la esfera de la biodiversidad, impactando directamente en los patrones climáticos y en el ciclo del agua. Estos efectos, derivados de la perturbación ambiental, repercuten de manera inmediata en la vida humana y en la estabilidad misma de los ecosistemas, subrayando la urgencia de comprender y abordar con eficacia estas complejas interrelaciones para garantizar un futuro sostenible.

Resulta alarmante observar la disminución drástica en la abundancia de insectos, especialmente en los ambientes tropicales. Este fenómeno, como señala Obando-Romero (2021), actúa como una señal de advertencia sobre el estado actual del planeta. Los insectos desempeñan roles que van más allá de lo evidente. No solo aseguran la reproducción de plantas, muchas de las cuales conforman nuestra dieta, sino que también aportan en el control de plagas y en la descomposición de materia orgánica, manifestando de esta forma la interconexión vital entre todas las formas de vida en la Tierra.

2.5. Relación entre Insectos y Estratos de la Vegetación

En las selvas tropicales, existen cinco estratos verticales de vegetación, que incluyen los árboles emergentes, la bóveda superior alta, el estrato de árboles bajos, el sotobosque de arbustos y una capa de suelo compuesta por hierbas y helechos. En estos ecosistemas, es posible observar lianas que crecen ascendiendo hacia la bóveda, epífitas que se desarrollan en troncos y ramas, y enredaderas que descienden desde la bóveda hacia el suelo (Smith y Smith, 2007). Para adaptarse a suelos poco profundos, muchos árboles desarrollan contrafuertes que funcionan como raíces de apoyo, mientras que la hojarasca que cubre el suelo se descompone rápidamente debido a la actividad de los descomponedores, proporcionando nutrientes para las plantas.

El dosel del bosque tropical se presenta como un entorno de interés para la investigación de las comunidades de artrópodos debido a su rica diversidad y alta biomasa. Este estrato se caracteriza por condiciones extremas, como la intensa iluminación, variaciones de temperatura y la alta concentración de ozono, esto comparado con otros estratos (Medianero et al., 2017). La presencia del orden Hemiptera en este entorno sugiere una producción continua de meristemas jóvenes en las plantas del dosel, proporcionando así alimento para estos insectos. En la bóveda superior, lepidópteros se ocultan entre las hojas para eludir a los depredadores, especialmente en periodos que difieren con sus ciclos de actividad.

En el sotobosque de los bosques tropicales, se encuentra una diversidad significativa de artrópodos, destacando los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera y Lepidoptera. Estos grupos de insectos desempeñan roles elementales en el ecosistema, incluyendo la polinización, descomposición de materia orgánica y control de plagas, lo que destaca su relevancia en el mantenimiento del equilibrio biológico del sotobosque (Sasa et al., 2022). Por otra parte, es destacable observar cómo las hormigas cortadoras de hojas y diversos ejemplares de ortópteros forman parte en el control de la sobrepoblación de especies botánicas, contribuyendo significativamente a mantener el equilibrio y la biodiversidad.

En el estrato herbáceo del bosque tropical, se encuentran diversos grupos de insectos que desempeñan roles en el equilibrio del ecosistema. Entre ellos destacan las hormigas de la familia Formicidae, que son notables por su abundancia y diversidad, desempeñando un papel dominante en términos de biomasa y función ecológica (García, 2015). Los lepidópteros ninfálicos asimismo son prominentes en este entorno, ya que se adaptan a diferentes hábitats boscosos

debido a su variada dieta en diferentes etapas de desarrollo. La hojarasca es un sustrato clave en estos ambientes: actúa como un microhábitat vital que alberga diversas comunidades de insectos, como es el caso de los escarabajos peloteros, conocidos sus labores en la descomposición de materia orgánica y la regulación de poblaciones de insectos, elementos imprescindibles en la dinámica de los ecosistemas terrestres (Garro y Albina, 2017).

La diversidad de artrópodos, desde el dosel hasta el estrato herbáceo en los bosques tropicales, desempeña roles vitales que influyen en la salud y equilibrio a largo plazo de estos ecosistemas. Desde la polinización hasta la descomposición de materia orgánica, los artrópodos son actores clave en la regulación biológica, la recirculación de nutrientes y la promoción de la diversidad genética. La pérdida de estas especies podría desencadenar efectos cascada, comprometiendo la adaptabilidad de los bosques tropicales frente a cambios ambientales.

La comprensión de las dinámicas de los ecosistemas, especialmente en lo que respecta a los insectos, se enriquece mediante la aplicación de modelos matemáticos, según Domènech-Casal (2020). Este autor resalta la utilidad de herramientas como los modelos de dinámica de poblaciones y el modelo depredador-presa de Lotka-Volterra para analizar las complejas interacciones entre insectos y su entorno. Estos modelos permiten explorar cómo cambios en la biodiversidad y otros factores ecológicos afectan las poblaciones de insectos a lo largo del tiempo. La perspectiva de Domènech-Casal sugiere que, al incorporar estos enfoques en la educación, se proporciona a los estudiantes una valiosa herramienta cuantitativa para apreciar la dinámica específica de los insectos en los ecosistemas.

2.6. Influencia de los Insectos en Ambientes Agrícolas

En entornos agrícolas, la distribución de los insectos se ve profundamente influenciada por la estructura y composición del paisaje circundante. La pérdida de biodiversidad, impulsada por prácticas intensivas como los monocultivos y el uso de productos fitosanitarios, genera alteraciones significativas en las interacciones tróficas y la dinámica de los insectos (Clemente y Álvarez, 2019). Al trascender de estudios de laboratorio hacia paisajes agrícolas, se resalta considerar la complejidad del entorno, donde la configuración del paisaje y la presencia de hábitats naturales ejercen un marcado dominio en la distribución de insectos herbívoros y sus enemigos naturales.

Conservar la diversidad de enemigos naturales a nivel de paisaje muestra el impacto positivo de la restauración ecológica en el control de plagas mediante el impulso de insectos benéficos y la reintroducción de vegetación autóctona (de Lima, 2017). Esta metodología de restauración ecológica contribuye a la preservación y mejora de servicios ecosistémicos. Sus efectos se traducen en resultados que contribuyen a la seguridad hídrica, alimentaria y la salud ambiental en entornos agrícolas. El efecto positivo de la restauración se manifiesta en la sostenibilidad a largo plazo de estos servicios, centrándose en la promoción de insectos beneficiosos para el control biológico de plagas.

En el análisis realizado por Garza-Sánchez (2023), se examina la posición del control biológico en la agricultura sostenible, integrándolo como un componente del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Esta estrategia implica el aprovechamiento de enemigos naturales, como parasitoides, depredadores y entomopatógenos, para reducir los daños en los cultivos de manera respetuosa con el medio ambiente, presentándose como una alternativa sostenible, evitando el uso de plaguicidas altamente contaminantes. Al adoptar enfoques estratégicos de este tipo, se impulsa la coexistencia armoniosa entre la actividad agrícola y la preservación de los recursos naturales, marcando un sendero hacia un porvenir más sostenible y resiliente frente a las adversidades ocasionadas por el cambio climático.

En América Latina, se ha identificado una limitación en la transición de la producción agrícola convencional a sistemas agroecológicos, centrándose en la conservación de los recursos naturales. En la investigación llevada a cabo por Cevallos-Suarez, Urdaneta-Ortega y Jaimes (2019) se destaca que se deben construir dinámicas de cooperación social, e implementar políticas públicas favorables a la agroecología y prácticas de manejo sostenible de los recursos naturales. Los autores hacen hincapié en la seriedad de evaluar el desarrollo de estos sistemas mediante indicadores que abarquen aspectos como la cooperación social, la participación y la adopción de tecnologías amigables con el medio ambiente.

Las áreas protegidas a menudo se encuentran limitadas en su capacidad para preservar de manera efectiva los recursos que albergan, una situación que se vuelve particularmente crítica en paisajes fragmentados, como los predominantes en la región de Mesoamérica. El tamaño reducido y el aislamiento relativo de estas áreas protegidas presentan desafíos únicos, según destaca Herrera (2021). La efectividad en la conservación de la biodiversidad que aún subsiste en

estos espacios protegidos está estrechamente vinculada al contexto circundante. Por consiguiente, surge una imperante idea de explorar oportunidades más allá de las fronteras tradicionales de estas áreas, buscando enfoques que aborden de manera integral los desafíos asociados a su tamaño y a su situación aislada.

2.7. Servicios Ecosistémicos de los Insectos

Los beneficios de los ecosistemas son vitales en entornos urbanos, donde la conexión con la naturaleza frecuentemente es subestimada. A pesar de su significado, enfrentan amenazas por el crecimiento urbano, eclipsando su contribución a la calidad de vida. La población depende de estos servicios, pero la gobernanza enfrenta el desafío de visibilizar esta innegable dependencia. La rápida urbanización tiene impactos complejos, destacando la proyección de un desarrollo urbano sostenible. Aunque se han hecho esfuerzos para valorar los servicios ecosistémicos, su integración en la toma de decisiones sigue siendo un desafío (Avendaño et al., 2020).

En las etapas tempranas de los ecosistemas tropicales, los coleópteros y dípteros emergen como agentes fundamentales al desempeñar un papel central en la descomposición orgánica, promoviendo de manera significativa los procesos de reciclaje de nutrientes. Estos insectos participan activamente en la fragmentación y transformación de la materia orgánica, catalizando así el ciclo de nutrientes y sustentando la vitalidad del ecosistema. (Molinas, 2020). Con el aumento de la proliferación vegetal, los polinizadores, específicamente los lepidópteros e himenópteros, adquieren un papel ineludible en la dinámica en la polinización. Estos insectos polinizadores se establecen como indicadores biológicos, ofreciendo una evaluación reflexiva de la salud y capacidad de recuperación del ecosistema frente a cambios ambientales.

En las etapas maduras de los ecosistemas, aparecen insectos especializados como escarabajos xilófagos, hormigas cultivadoras de hongos y mariposas específicas, cada uno desempeñando roles específicos en los servicios ecosistémicos. Los escarabajos xilófagos ayudan en la descomposición de materiales leñosos, las hormigas cultivadoras de hongos contribuyen a la fertilidad del suelo, mientras que mariposas específicas actúan como polinizadores altamente especializados (Arízaga y Pico, 2022). Estos insectos, con cada una de sus adaptaciones únicas, subrayan la intrincada red de servicios ecosistémicos que desempeñan, abarcando desde la polinización de las plantas hasta la descomposición orgánica.

2.8. Amenazas y Conservación Entomológica

La entomología se encuentra actualmente ante desafíos cada vez mayores debido al cambio climático y la pérdida generalizada de hábitats naturales. Estas amenazas tienen un impacto profundo en la diversidad y el equilibrio de las poblaciones de insectos en los ecosistemas. Un punto crítico en esta situación es el uso intensivo de pesticidas, que añade una capa adicional de presión sobre estas poblaciones (Maggi y Chrei 2023). En este contexto, resulta esencial desarrollar enfoques científicos específicos para mitigar los efectos de los pesticidas en las comunidades de insectos benéficos. Al mismo tiempo, es necesario implementar estrategias que aseguren la continuidad de las labores agrícolas de manera sostenible y responsable, asegurando tanto la biodiversidad como la producción agrícola a largo plazo.

La invasión de insectos exóticos plantea un desafío adicional en los ecosistemas modernos. La globalización en constante aumento ha facilitado la propagación no deseada de estas especies, lo que representa una seria amenaza para la diversidad entomológica. La introducción no regulada de estos insectos puede perturbar los frágiles ecosistemas, generando una competencia desigual y, en casos extremos, llevando a la extinción de especies autóctonas (Gosende y Hernández, 2019). Las hormigas invasoras, en particular, han demostrado una capacidad alarmante para invadir hábitats locales, afectando tanto la agricultura como la vida cotidiana de las personas, subrayando la urgencia de abordar este problema.

En las últimas tres décadas, la extensión de áreas protegidas y territorios indígenas en la Amazonía se ha duplicado. Según Dourojeanni (2019), aunque esto ha brindado cierta protección a la entomofauna, la falta de conocimiento sobre la mayoría de las especies de insectos persiste como desafío. A medida que las áreas no protegidas enfrentan crecientes amenazas como la agricultura y la minería, se deben abordar estas presiones para garantizar la conservación efectiva de los insectos en la región.

Es necesario desarrollar estrategias de conservación que aborden las diversas amenazas que enfrentan los insectos, desde la pérdida de hábitat hasta los cambios antropogénicos (Sánchez et al., 2021). Para ello, se destaca la urgencia de tomar medidas proactivas, incluyendo la colaboración entre científicos, conservacionistas y comunidades locales para monitorear las poblaciones de insectos. Este enfoque colaborativo permite identificar puntos críticos que requieren intervención, orientando así las acciones de conservación.

2.9. Bosques Tropicales, Desafíos y Transformación

Las selvas tropicales húmedas se encuentran en áreas ecuatoriales de Centroamérica, Sudamérica, África y la región Indo-Malaya. Estos ecosistemas perennes presentan una estructura estratificada, que abarca la copa emergente, el dosel, el sotobosque y la capa del suelo. (Godoy & Ramírez, 2019). La copa emergente, compuesta por árboles más antiguos, se expone directamente a la luz solar y a condiciones cálidas. Justo debajo, el dosel restringe la entrada de luz al nivel inferior, seguido del sotobosque, compuesto por hierbas adaptadas a la escasa penetración de la luz. La capa del suelo, relativamente desprovista de vegetación debido al bloqueo de la luz solar, es vital para el reciclaje de nutrientes a través de desechos orgánicos.

Los bosques tropicales, entendidos como ecosistemas vitales para la biodiversidad en la regulación del clima global, se localizan principalmente en zonas caracterizadas por presentar altas tasas de crecimiento demográfico y niveles considerables de pobreza. Esta conexión demográfica y socioeconómica incrementa la presión antropogénica sustancial sobre los bosques tropicales, conduciendo a la modificación y deterioro de estos entornos.

El desarrollo sostenible en América Latina se encuentra intrínsecamente vinculado a la educación ambiental, según revela una revisión sistemática liderada por Pataca-Rodríguez y Flores (2022). La conexión efectiva entre el currículo educativo y la ideología se usa para cultivar la conciencia ambiental entre los actores pedagógicos. Reflexiones profundas sobre la devastación ambiental y la pandemia resaltan la interdependencia crítica entre los seres humanos y la naturaleza en la región. Aunque la motivación docente promueve el cuidado del planeta, se mantiene un divorcio entre colegios y universidades en la orientación de los pilares de la educación para el desarrollo sostenible.

La educación superior se erige como un pivote estratégico en la materialización de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015 (Ramos, 2021). Más allá de su función tradicional, las instituciones de educación superior desempeñan un papel como impulsores activos de la transformación social hacia objetivos como la erradicación de la pobreza, la igualdad de género, y la sostenibilidad ambiental. El reconocimiento explícito de los objetivos de desarrollo sostenible subraya la responsabilidad de garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, pero su impacto va más allá, permeando a través de la enseñanza, la investigación y la participación comunitaria.

2.10. Conservación y Manejo de Reservas Naturales

En el ámbito teórico de las áreas naturales protegidas, se ha observado una transformación en las políticas y estrategias de conservación a nivel mundial. Según Goyenechea-Mayer y colaboradores (2019), este cambio se ha caracterizado por una evolución desde los primeros enfoques centrados principalmente en aspectos estéticos y recreativos del paisaje, hacia estrategias más complejas y holísticas orientadas a la conservación de la biodiversidad y la preservación de los servicios ecosistémicos. Estas áreas protegidas no solo actúan como santuarios para la vida silvestre, sino que también desempeñan un papel inherente en la conservación de sitios con un peso histórico y cultural.

Además de salvaguardar la biodiversidad, estas reservas naturales utilizan dinámicas como el ecoturismo, la inclusión de centros de investigación científica y el fomento de la educación ambiental tanto dentro como fuera de las áreas protegidas (Arrieta y Moya, 2021). Al analizar las dinámicas que afectan la sostenibilidad de estas reservas, se busca comprender los factores comunes que influyen en su éxito o representan desafíos. Una vez que estas cuestiones son abordadas adecuadamente, se abre la puerta a un futuro donde la naturaleza no solo sobrevive, sino que prospera, y las generaciones futuras tienen la oportunidad de disfrutar y aprender de la belleza y diversidad de nuestros ecosistemas.

Las reservas naturales representan microcosmos a nivel global y al unir esfuerzos en educación ambiental, investigación y ecoturismo, estas áreas no solo actúan como guardianes de la biodiversidad, sino también como centros dinámicos de conocimiento y conservación (García y González, 2022). En la actualidad, crear proyectos para preservar los ecosistemas se hace evidente, y es por ello que las reservas fomentan la esperanza al armonizar la coexistencia entre la naturaleza y las actividades humanas.

En un mundo marcado por el alarmante aumento en la extinción biológica y la pérdida de hábitats, los administradores de estas áreas se sitúan en la primera línea de la batalla por la conservación. Según Woodley et al. (2019), la unión entre colaboración interdisciplinaria y educación pública representa la llave maestra para inspirar un cambio en la sociedad. Así, los administradores de las áreas naturales protegidas se convierten en catalizadores de esta transformación, liderando con dedicación una labor que va más allá de la simple gestión, ya que se encargan de fomentar el respeto por la biodiversidad y la naturaleza.

3. Marco Metodológico

3.1. Enfoque, Tipo y Diseño de Investigación

La investigación sobre la diversidad, interacciones y amenazas que enfrentan los insectos en la Reserva Natural Madre Verde empleó un enfoque mixto que combinó métodos cuantitativos y cualitativos. Los métodos cuantitativos incluyeron el muestreo numérico de insectos en tres estados de sucesión ecológica, mientras que los métodos cualitativos involucraron observaciones directas y revisión de literatura para comprender las interacciones ecológicas y los factores de amenaza. Con base en los hallazgos cualitativos, se ha generado material que la reserva podrá utilizar en futuros planes de conservación y educación para mantener la diversidad y el equilibrio ecológico de los insectos en la reserva.

El enfoque de investigación fue predominantemente exploratorio y descriptivo, con ciertos elementos explicativos. La exploración inicial se centró en la diversidad de insectos en diferentes estados de sucesión ecológica, proporcionando una base hipotética para investigaciones futuras. Posteriormente, se realizó un análisis detallado de las interacciones ecológicas entre los insectos y su entorno, describiendo minuciosamente estos comportamientos. Aunque se introdujeron elementos explicativos al estudiar las amenazas y proponer estrategias de mitigación, estos aspectos fueron menos prominentes en comparación con la exploración y la descripción. En conjunto, el enfoque investigativo se inclinó hacia lo exploratorio y descriptivo, incorporando ciertos elementos explicativos al considerar las amenazas y soluciones para la conservación de los insectos en la Reserva Natural Madre Verde.

En cuanto al diseño de la investigación, se utilizó un enfoque no experimental que se caracterizó por observar y registrar fenómenos naturales en su contexto real, sin intervención directa del investigador. Esta estrategia no intrusiva se alineó con la naturaleza del estudio, que se centró en la biodiversidad y las interacciones ecológicas de los insectos en la Reserva Natural Madre Verde. La recopilación de datos se basó en técnicas de muestreo, como la instalación de parcelas y trampas de insectos (Anexo A), así como observaciones directas y revisiones bibliográficas. Este diseño no experimental permitió una comprensión detallada y genuina de la ecología de los insectos en su entorno natural, sin alterar su comportamiento natural, lo que contribuyó a resultados auténticos en el estudio.

3.2. Contexto de la investigación

La Reserva Natural Madre Verde se ubica en el cantón de Palmares de la provincia de Alajuela. Cuenta con una extensión de 40 hectáreas en proceso de regeneración natural y reforestación (Rodríguez y Brenes, 2010). Es en el periodo 1999-2000, que surge la Fundación Madre Verde como respuesta a problemáticas ambiental existente en el cantón de Palmares. Su objetivo primordial consiste en la recuperación de las tierras con vocación forestal, el aumento del caudal de las fuentes en los Montes del Aguacate, y la promoción de la investigación científica para contribuir a la conservación de la biodiversidad, según Rodríguez-Arias (2007).

Actualmente, opera oficialmente como reserva privada bajo el “Plan Estratégico 2022-2025”, destacado en este los éxitos y resultados alcanzados en el plan anterior, evidenciados a través de logros, como su inclusión en el Registro de Instituciones Aptas para Recibir Donaciones. Este logro ha simplificado la obtención de contribuciones de equipos, siendo beneficiada por la colaboración de instituciones estatales como el Sistema Nacional de Áreas de Conservación y los fondos provenientes de La Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad, a través de las Asociaciones de Desarrollo Integral (Carmona y Carmona, 2022).

La reserva se destacó por la diversidad de estados sucesionales que exhibió, generando complejas interacciones entre procesos ecológicos y biológicos. Según Orozco et al. (2021), estos estados sucesionales abarcaron desde senderos internos delineados por una variada colección de plantas atractivas para diferentes grupos de polinizadores, hasta áreas que habían experimentado procesos de reforestación, así como otras en proceso de regeneración natural.

Se subraya como un sitio de investigación clave debido a la abundante diversidad de insectos que alberga, un grupo biológico necesario en el equilibrio ecológico del ecosistema, como destacó Samways (2019). Estos insectos desempeñan funciones en procesos biológicos como la polinización, el control de plagas y la descomposición de materia orgánica, contribuyendo de manera significativa al funcionamiento saludable del ecosistema. Además, la reserva se posiciona como un atractivo destino turístico, especialmente por sus caminatas nocturnas, durante las cuales los visitantes pueden maravillarse con una amplia variedad de insectos en los senderos. Esto subraya a la interacción directa con la diversidad de insectos, no solo desde un punto de vista ecológico, sino también en términos económicos.

A pesar de la relevancia de los insectos en la reserva, aún existían vacíos de información sobre la composición de insectos en los distintos estados sucesionales en el sitio. Por tanto, fue necesario llevar a cabo un estudio comparativo para comprender mejor esta relación. Este análisis comparativo no solo ayudó a llenar estas lagunas de conocimiento, sino que también proporcionó datos que permite la instauración de futuras estrategias de conservación y educación en la reserva.

La disponibilidad de un mapa detallado de la reserva resultó fundamental para el diseño del estudio (Figura 1). Este mapa no solo sirvió como referencia visual para la ubicación precisa de los puntos de muestreo en los distintos estados sucesionales, sino que también facilitó la identificación de posibles patrones geospaciales en la distribución de insectos. La combinación de estos recursos, junto con la colaboración de la institución local, aseguró la rigurosidad y precisión en la recopilación de datos, fortaleciendo así la validez de los resultados obtenidos.

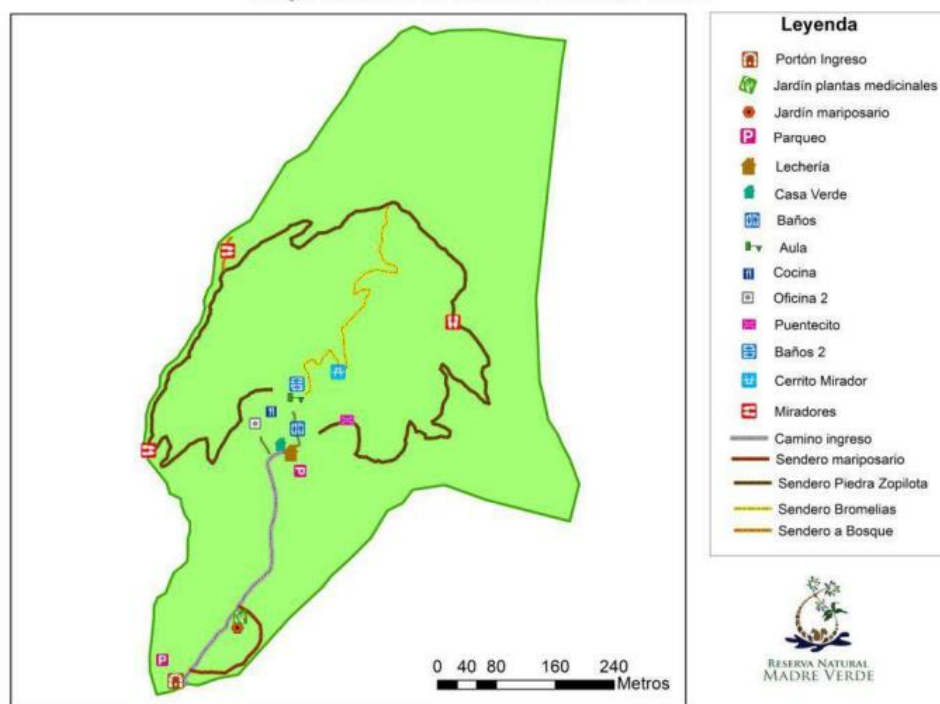


Figura 1. Mapa Turístico de la Reserva Natural Madre Verde

Fuente: (Fundación Madre Verde, 2021).

La presente investigación no solo subrayó el desempeño de los insectos en el equilibrio ecológico, sino también en la inaplazable idea de proteger y preservar espacios naturales como

las reservas naturales. En este contexto, los estudios comparativos se revelaron como herramientas destinadas a llenar vacíos de conocimiento, aportando datos para las futuras estrategias de educación y conservación.

3.3. Técnicas, Instrumentos y Análisis de Datos

3.3.1. Diversidad y composición de insectos en tres estados de sucesión ecológica de la reserva.

Se llevó a cabo la identificación y caracterización de la vegetación en tres estados sucesionales diferentes: sucesión temprana (edad 0-5 años), sucesión intermedia (charral, edad 10-13 años) y sucesión avanzada (mayor a 18 años). Para llevar a cabo este estudio, se utilizó la metodología descrita en el “Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad” (Villarreal et al., 2004).

Para caracterizar la composición florística de la vegetación en cada estado sucesional, se instalaron tres parcelas de muestreo de 50 x 50 metros cuadrados, lo que equivale a un área de 2500 m² por cada una. En cada parcela, se establecieron subparcelas de muestreo de 20 x 20 metros cuadrados (400 m²). La elección del tamaño de las parcelas se basó en las limitaciones topográficas del terreno y se estandarizó para garantizar la consistencia en el procedimiento de muestreo en los tres sitios.

En cada estado sucesional, se seleccionaron tres sitios de muestreo en la Reserva Natural Madre Verde. En cada sitio, se marcó un transecto de 100 metros de longitud, con trampas colocadas a lo largo del transecto, compuestas de 12 trampas de carnada elaboradas con botellas plásticas de 2.5 litros. Además, se utilizó una red de golpe y se llevaron a cabo observaciones directas.

Las observaciones y recolecciones de insectos se realizaron durante dos días consecutivos cada semana, específicamente en los meses de agosto y setiembre. Los horarios de recolección variaron entre las 07:00 y 12:00 horas del día. Los insectos recolectados se almacenaron temporalmente en frascos etiquetados con información detallada, incluyendo la fecha, el sitio de muestreo, las condiciones climáticas, el tipo de

trampa utilizada y la taxonomía del ejemplar. Para la identificación de los insectos recolectados, se utilizó la guía "The Pocket Guide to the Insects of Costa Rica".

Posteriormente, se calcularon los índices de diversidad y composición de los grupos de insectos mediante el análisis de similitud. Este análisis permitió identificar patrones de semejanza en la distribución de los grupos de insectos recolectados. Además, se llevó a cabo un análisis de ordenación para representar gráficamente estos patrones de similitud o disimilitud entre los grupos de insectos en los tres estados sucesionales estudiados en la Reserva Natural Madre Verde.

3.3.2. Interacciones ecológicas más relevantes entre los insectos y su entorno en cada uno de los estados sucesionales evaluados.

En el estudio realizado en la Reserva Natural Madre Verde, se seleccionaron tres sitios de muestreo en cada estado de sucesión ecológica. Se estableció un transecto de 100 metros en cada estadio de sucesión.

Una vez identificados los principales grupos de insectos presentes en cada estado sucesional, se llevaron a cabo observaciones directas durante dos días consecutivos cada semana durante el mes de octubre. Estas observaciones se llevaron a cabo entre las 07:00 y 12:00 horas del día, esto debido a que las fuertes lluvias dificultaron las observaciones en horas de la tarde. Además, se realizaron análisis de redes y se llevó a cabo una búsqueda de literatura científica para estudiar las interacciones ecológicas más relevantes entre los insectos y su entorno.

Para representar las diferencias entre las interacciones ecológicas en cada estado sucesional, se elaboró un gráfico de barras. Este gráfico visualizó de manera clara las variaciones en las interacciones ecológicas identificadas en los diferentes estados de sucesión ecológica presentes en la Reserva Natural Madre Verde.

3.3.3. Principales factores de amenaza que impactan a los grupos de insectos clave presentes en la Reserva Natural Madre Verde.

En el estudio realizado en la Reserva Natural Madre Verde, se llevó a cabo una revisión bibliográfica para analizar la literatura existente sobre los factores de amenaza que afectan a determinadas familias de insectos en ecosistemas similares al de la reserva.

Además, se introdujo una encuesta que fue completado por 8 personas, incluyendo tanto funcionarios como visitantes de la reserva (Anexo B). Este instrumento se diseñó para recopilar información detallada sobre las experiencias y percepciones de los participantes en relación con el sitio de estudio. Su ejecución respaldó la recopilación de datos sobre los factores de amenaza que afectan a los grupos de insectos en la reserva.

Con base en los resultados del análisis de los factores de amenaza identificados, se propusieron estrategias de mitigación. Estas estrategias están enfocadas en la reducción o eliminación de los factores de amenaza para promover la conservación a largo plazo de los grupos de insectos en la reserva.

Posteriormente, se llevó a cabo una evaluación de las estrategias de mitigación propuestas. Estas estrategias se ajustaron según fuera necesario para mejorar su efectividad en la conservación de los grupos de insectos clave en la Reserva Natural Madre Verde.

4. Resultados

4.1. Morfoespecies Vegetales en Diferentes Estados de Sucesión Ecológica

La recopilación de datos sobre la vegetación en diferentes etapas de sucesión ecológica revela patrones relevantes para la dinámica de los ecosistemas. En la etapa temprana designada como Parcela A, se visualiza una diversidad de morfoespecies en el estrato herbáceo, señalando el inicio de la sucesión, donde se registra una variabilidad con una media de aproximadamente 7 morfoespecies por subparcela. En el sotobosque de esta misma fase, la cantidad de morfotipos es inferior, con una media de alrededor de 3 morfoespecies por subparcela. No obstante, se dispone de antecedentes sobre alturas, revelando una media de aproximadamente 12 metros. En el estrato de bóveda, se distingue únicamente una morfoespecie, cuya altura media alcanza los 16 metros.

Durante las observaciones efectuadas en la fase intermedia de sucesión ecológica llamada Parcela B, se comprueba en el estrato herbáceo un incremento en la cantidad de morfoespecies comparado con la fase temprana, con una media de alrededor de 9 morfotipos por subparcela. A medida que progresa la sucesión en esta fase intermedia, la densidad de individuos en el estrato herbáceo se intensifica, y la estratificación vertical en el sotobosque se vuelve más discernible. En el sotobosque, la media de morfoespecies es similar a la fase temprana. Sin embargo, la altura promedio de los árboles se incrementa a aproximadamente 11 metros. En el estrato de bóveda, se identifican morfotipos con alturas que muestran una media de alrededor de 18.5 metros.

Al adentrarnos en la fase avanzada de sucesión ecológica, conocida como Parcela C, se observa un aumento en la cantidad de morfotipos, con una media de alrededor de 10 morfotipos por morfoespecies. El sotobosque exhibe una mayor presencia de morfoespecies y alturas más elevadas, con aproximadamente 8 morfoespecies por subparcela, y la altura promedio de los árboles es de alrededor de 12.5 metros. En el estrato de bóveda, se aprecian varias morfoespecies con alturas específicas, evidenciando una media de alrededor de 18.5 metros.

4.2. Análisis de Similitud y Ordenación de la Diversidad y Composición de Insectos

Una vez identificas las familias de las cuales fue posible la obtención fotografías en algunos casos (Anexo C), se empleó el Índice de Jaccard, que se llevó a cabo un análisis de la similitud en la composición de diversas familias de insectos dentro de la Reserva Natural Madre Verde, que posteriormente se ha visualizado a través de un diagrama de Venn (Figura 2). La comparación entre las Parcelas A y B reveló un coeficiente de Jaccard del 45%, indicando una similitud significativa en la composición de especies entre estas dos etapas. El conjunto intersección consta de 15 especies compartidas, destacando las familias Anisolabididae, Apidae, Blattellidae, Chrysomelidae, Drosophilidae, Formicidae, Grylloidea, Membracidae, Nymphalidae, Pieridae, Platystomatidae, Pompilidae, Scarabaeidae, Tettigoniidae y Vespidae.

Al comparar la Parcela A con la Parcela C, se observó un coeficiente de Jaccard del 42%, sugiriendo una similitud sustancial en la composición de especies entre estas dos etapas. El conjunto intersección en esta comparación está compuesto por 16 especies compartidas que incluyen a los Acrididae, Anisolabididae, Apidae, Blattellidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Drosophilidae, Erebididae, Formicidae, Grylloidea, Micropezidae, Nymphalidae, Platystomatidae, Reduviidae, Scarabaeidae y Tachinidae.

En la comparación entre las Parcelas B y C, se obtuvo un coeficiente de Jaccard del 40%, indicando una similitud moderada en la composición de especies entre estas dos etapas. El conjunto intersección en esta instancia consta de 12 especies compartidas, como Anisolabididae, Apidae, Blattellidae, Chrysomelidae, Drosophilidae, Formicidae, Grylloidea, Ichneumonidae, Nymphalidae, Platystomatidae, Scarabaeidae y Staphylinidae.

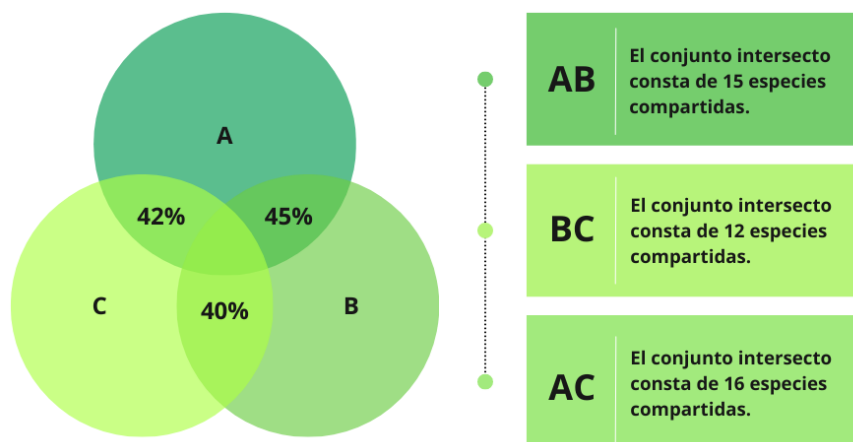


Figura 2. Representación visual del análisis de similitud y ordenación de la diversidad y composición de insectos en la Reserva Natural Madre Verde.

Fuente: Elaboración propia en Canva

4.3. Variaciones en las Interacciones Ecológicas

Basado en una serie de observaciones llevadas a cabo en tres etapas sucesionales, representadas por la Parcela A en la fase temprana (Figura 3), la Parcela B en la fase intermedia (Figura 4) y la Parcela C en la fase avanzada (Figura 5), se han identificado patrones reveladores mediante representaciones gráficas. Estas ilustran la proporción de diversas interacciones bióticas, creando así una representación visual clara y objetiva de cómo las dinámicas interactivas, tales como herbivoría, depredación, polinización, entre otras, han evolucionado en su valía a lo largo del continuo temporal de la sucesión ecológica.

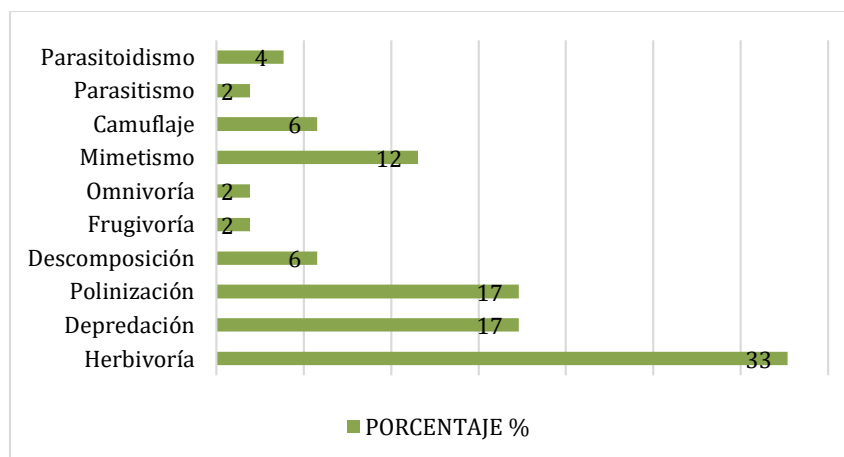


Figura 3. Patrones de interacciones bióticas en la etapa temprana de la sucesión ecológica.

Fuente: Elaboración propia

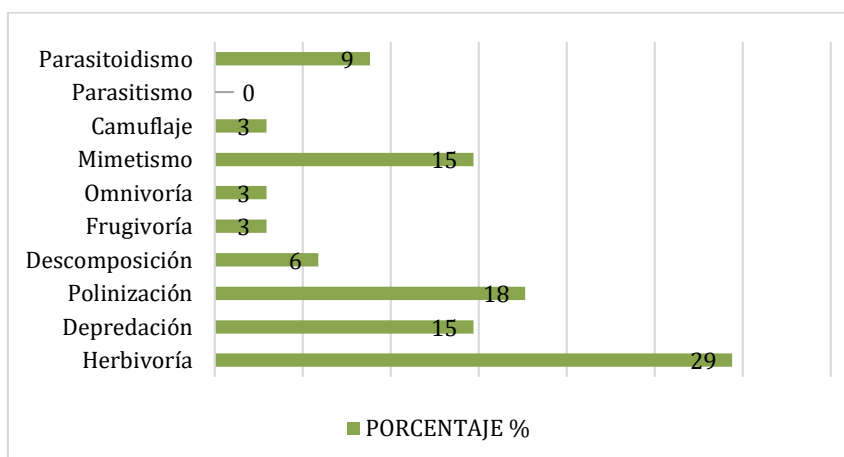


Figura 4. Patrones de interacciones bióticas en la etapa intermedia de la sucesión ecológica.

Fuente: Elaboración propia

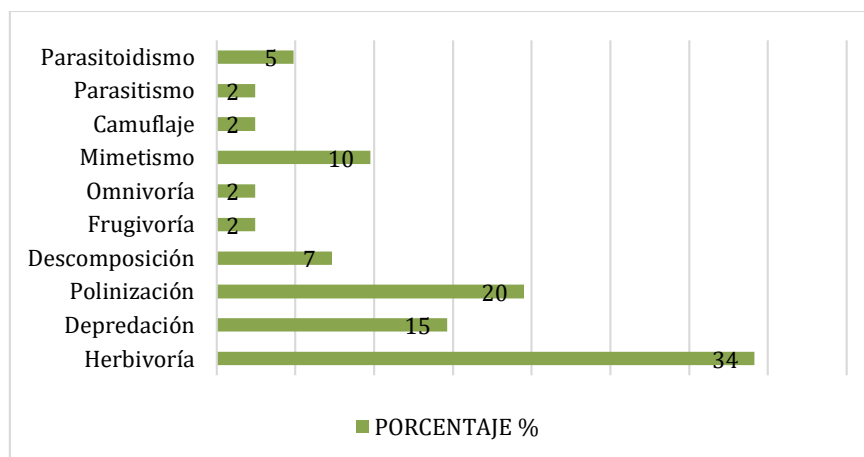


Figura 5. Patrones de interacciones bióticas en la etapa avanzada de la sucesión ecológica.

Fuente: Elaboración propia

4.4. Análisis Integral de Participación y Perspectivas

Se implementó una encuesta con el propósito de recopilar datos sobre la experiencia y percepciones de los participantes en relación con el sitio de estudio. Se exhibe una diversidad de puntos de vista, con un 62.5% de los encuestados identificándose como visitantes y el 37.5% como funcionarios y colaboradores. Respecto al intervalo que ha transcurrido desde la última visita por parte de los encuestados, un 50% de los participantes registró una visita en el último mes, mientras que otro 50% lo hizo entre uno y seis meses atrás.

La diversidad de flora y fauna se destacó como el aspecto más de la reserva, según el 75% de los encuestados. Las rutas de senderismo y las oportunidades para la observación de aves también fueron mencionadas por un 12.5% en cada caso. Así mismo, resulta evidente la participación activa en actividades turísticas y educativas, con el 100% de los encuestados participando en actividades de senderismo o caminatas, mientras que el 66.7% en educación ambiental y talleres sobre vida silvestre.

Los resultados indican un reconocimiento generalizado del aporte de los insectos en la reserva, con el 100% identificando la polinización de plantas como una función trascendental. Además, un alto porcentaje (87.5%) reconoció el papel de los insectos en controlar plagas y servir de alimento a aves y otros animales, destacando la percepción de los insectos en la dinámica ecológica. En relación con los cambios en la variedad y cantidad de insectos a lo largo del tiempo, el 12.5% notó cambios significativos, el 25% observó algunos cambios no

significativos, otro 12.5% no percibió cambios, y el 50% no está seguro. Por otro lado, el 50% de los encuestados identificó cambios en el clima como un desafío que enfrentan los insectos en la reserva, mientras que el 37.5% desconocía los desafíos específicos.

Las sugerencias de los participantes para conservar la diversidad de insectos incluyen el desarrollo de programas educativos (75%), la organización de talleres para agricultores sobre prácticas agrícolas sostenibles (75%), y el monitoreo y respuesta a variaciones en las poblaciones de insectos (75%). La sugerencia de desarrollar estrategias para controlar y eliminar especies invasoras fue respaldada por el 37.5%.

5. Discusión

5.1. Morfoespecies Vegetales en Diferentes Estados de Sucesión Ecológica

La estructura vertical de la vegetación en la Reserva Natural Madre Verde proporciona valiosas percepciones acerca de la sucesión ecológica en este entorno, en consonancia con la estratificación característica de las selvas tropicales según la clasificación de Smith y Smith (2007), quienes detallan que las selvas tropicales exhiben cinco niveles distintos de vegetación a lo largo de su verticalidad, delineando la complejidad de este ecosistema. Niveles que abarcan desde los imponentes árboles emergentes hasta la capa de suelo, compuesta por hierbas y helechos. No obstante, al analizar la estratificación vertical de las parcelas designadas en la reserva, se identificaron predominantemente tres niveles destacados, siendo estos el estrato herbáceo, el sotobosque y la bóveda arbórea.

Las observaciones realizadas en estas altitudes revelaron variaciones significativas en la diversidad de especies vegetales a lo largo de las distintas etapas de la sucesión ecológica seleccionadas para este estudio. En la fase temprana de la reserva, se destaca la riqueza de especies en el estrato herbáceo, aunque esta disminuye en el sotobosque. Además, se observa que la altura de los árboles en el nivel de bóveda es relativamente baja. Mientras que, en la fase intermedia, aseguran un aumento tanto en la diversidad del estrato herbáceo como en la altura de los árboles en el sotobosque y la bóveda. En cuanto a la fase avanzada, esta perpetúa el patrón de crecimiento, destacándose especialmente la diversidad de morfoespecies en el sotobosque,

mientras que las alturas de los árboles en el nivel de bóveda se mantienen relativamente elevadas, subrayando la adaptabilidad de la vegetación a los cambios ambientales.

La Reserva Natural Madre Verde ha experimentado un proceso regenerativo que se extiende por más de dos décadas, tras su previo uso en actividades ganaderas y agrícolas. En respuesta a esto, las fases sucesionales se han proyectado en los procesos de reforestación, experimentando un extenso periodo de evolución, fuertemente afectado por variables como la implementación y el mantenimiento. La investigación más reciente llevada a cabo por Rodríguez (2023) destaca la eficacia de las técnicas aplicadas en el sitio, evidenciando transformaciones tanto en la estructura vertical como en la diversidad florística de la reserva. Estos descubrimientos no solo son alentadores desde la perspectiva ambiental, sino que también consideran abordar adecuadamente la implementación de los procesos de reforestación.

5.2. Análisis de Similitud y Ordenación de la Diversidad y Composición de Insectos

El análisis del Índice de Jaccard y el diagrama de Venn en la Reserva Natural Madre Verde revela patrones interesantes en la sucesión ecológica de insectos. La similitud significativa entre las Parcelas A (sucesión temprana) y B (sucesión intermedia) apunta a una estabilidad relativa en la composición de especies durante estas fases. Mientras que la aproximación entre las Parcelas A (temprana) y C (avanzada) indica que algunas especies persisten a lo largo del proceso de sucesión. Por último, la comparación entre las Parcelas B (intermedia) y C (avanzada) muestra una similitud moderada, sugiriendo cambios más notorios en el avance de la sucesión.

Estos resultados respaldan la dinámica y adaptabilidad de la sucesión ecológica, destacando la capacidad de ciertas especies para adaptarse a diferentes etapas del proceso. Este hallazgo es coherente con la noción de Rodríguez y Sterling (2020) sobre la capacidad de la naturaleza para revitalizar áreas perturbadas, subrayando la resiliencia y la adaptabilidad de los ecosistemas, proceso que se desarrolla de manera natural, respaldado por los persistentes esfuerzos para proteger y fomentar la regeneración del ecosistema. Aunque aún predominan áreas de pastizales y charrales, los resultados revelan un aumento sustancial en el bosque secundario, indicando una dirección prometedora hacia un futuro más biodiverso en la reserva.

Los resultados de este estudio resaltan la presencia predominante de diversos grupos de insectos, tales como coleópteros, himenópteros, dípteros, lepidópteros, dermápteros y ortópteros, en las parcelas analizadas de la Reserva Natural Madre Verde. Esto enfatiza la riqueza y complejidad del entorno particular de la reserva. En relación con los coleópteros, se realza su importe en los ecosistemas ecuatoriales, según Londoño y Cabra (2023). En la reserva, se observa una diversidad única dentro de este orden, con la presencia de familias específicas como Chrysomelidae, Scarabaeidae, Curculionidae y Staphylinidae. Estas familias exponen la singularidad de la diversidad en este hábitat mediante actividades como la polinización, depredación, herbivoría y descomposición de la materia.

Los himenópteros, identificados como indicadores clave de la complejidad de las redes tróficas y del estado general del ecosistema por Sasa et al. (2022), se manifiestan en la reserva a través de la presencia de familias como Apidae, Formicidae, Pompilidae, Vespidae e Ichneumonidae. Esto sugiere una conexión intrínseca entre estos insectos y las características específicas de este ecosistema, tales como la calidad del hábitat y la variación en la cobertura vegetal, contribuyendo a las relaciones ecosistémicas como el control de especies vegetales mediante cambios en el paisaje, sumando a esto acciones como la depredación y la polinización.

La marcada presencia de dípteros y su repercusión en los procesos ecológicos, remarca el comprender y preservar estos elementos de la biodiversidad para garantizar la estabilidad ambiental, según señala Alfonso-Sosa et al. (2023). Familias destacadas, como Drosophilidae, Platystomatidae, Micropezidae y Tachinidae, acreditan la diversidad funcional en este grupo y su contribución a servicios como la polinización, que puede manifestarse tanto de manera directa como indirecta, así como la descomposición de la materia.

Los lepidópteros, reconocidos como indicadores de la salud del ecosistema y sensibles a las variaciones ambientales, según señala Alfonso et al. (2023), cumplen como polinizadores y eslabones en la cadena trófica. En la reserva, la destacada presencia de las familias Nymphalidae, Pieridae y Erebididae resalta la magnitud de comprender las interacciones específicas entre estos lepidópteros y su entorno. Esto resalta especialmente la herbivoría de estas especies durante sus fases juveniles, donde las larvas exhiben apetitos voraces que regulan la vegetación en el estrato herbáceo. Posteriormente, en su etapa adulta, contribuyen significativamente a la polinización de especies presentes en la reserva.

El análisis de similitud subraya la conexión directa entre los dermápteros y la Frecuencia Vegetal, posiblemente atribuible a la preferencia de estos organismos por la materia orgánica muerta, polen y vegetales, según señalan López-Moreno y Pianda-Rodríguez (2019). La notoria presencia de la familia Anisolabididae en la reserva resalta la relación estrecha con la capa orgánica del suelo, ya que al removerla incluso una porción de esta materia orgánica, es posible observar la presencia individuos de este tipo. Apuntando a posibles implicaciones para la gestión de la materia orgánica y la conservación de estos insectos entornos únicos como el de la reserva.

El análisis de las interacciones bióticas a lo largo de las sucesiones ecológicas no solo pone de manifiesto la complejidad dinámica que refleja la interdependencia entre los organismos vivos, sino que también sostiene desafíos contemporáneos en la conservación y gestión de ecosistemas. En consonancia con el enfoque teórico destacado por Giraldo (2020), los resultados actuales subrayan la toma en cuenta de estrategias adaptativas. La variabilidad en la prevalencia de las interacciones, en particular la disminución del parasitismo en la etapa intermedia, indica una complejidad en la respuesta de las comunidades bióticas a condiciones cambiantes, posiblemente relacionadas con la interferencia humana, según señalan Gómez, Correa y Castruita (2021), quienes destacan la urgencia de la implementación de acciones destinadas a preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

La parcela designada para la etapa intermedia reveló la presencia destacada de artrópodos no clasificados como insectos, específicamente arañas de la familia Theraphosidae (tarántulas). Este hallazgo, evidente en las trampas de caída, donde las arañas eran más frecuentes que los insectos, acentúa considerar tanto la diversidad taxonómica como las interacciones específicas en las sucesiones ecológicas. Esto indica posibles cambios en la composición de la comunidad biótica durante esta fase de desarrollo del ecosistema.

Por otro lado, el fenómeno del mimetismo emerge como una estrategia defensiva ampliamente difundida que disminuye el riesgo de detección por parte de los depredadores (Folgar, 2020). La persistencia del mimetismo en cada etapa, aunque con variaciones en su prevalencia, destaca su continuidad en la supervivencia y reproducción de las especies. La capacidad de adaptación y evolución de familias Mantidae, Diapheromeridae, Nymphalidae, Pieridae, Erebiidae y Tettigoniidae en la reserva, se atribuye a estrategias miméticas, resaltando la complejidad de las interacciones bióticas y su papel en la estructuración y dinámica del

ecosistema a lo largo del tiempo. Además, las observaciones de cambios en la proporción de mimetismo entre etapas sugieren posibles respuestas evolutivas a las condiciones cambiantes del entorno, contribuyendo así a la plasticidad y diversidad biológica del sistema.

Al considerar la información proporcionada sobre las interacciones bióticas, la depredación emerge en la dinámica del ecosistema a lo largo de las etapas sucesionales de la reserva. En lugar de considerar a los insectos como presas, se les ha abordado como depredadores al recopilar información. La persistencia de la depredación sugiere su alcance continuo en la regulación de poblaciones y en la estructuración del ecosistema en el sitio de estudio. Este análisis revela la complejidad y la constante huella de la depredación en las interacciones bióticas a medida que el ecosistema evoluciona a lo largo de las sucesiones ecológicas, dando paso al concepto de control biológico, que, según Magallanes (2023), se presenta como una opción eficaz para gestionar el aumento de las poblaciones de plagas, aportando al mismo tiempo al mantenimiento y preservación del medio ambiente.

Además, la correlación entre la disminución de insectos y cambios en las interacciones bióticas, especialmente en herbivoría y la polinización, plantea cuestionamientos sobre la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas. La interconexión vital entre los insectos y otros elementos, enfatizado por Obando (2021), refuerza la idea de que la pérdida de diversidad biológica puede tener consecuencias profundas y multifacéticas. Las interacciones ecológicas, apoyan el equilibrio y la reproducción de muchas especies que independientemente del reino al que pertenezcan, se ven amenazadas por la disminución en la población de insectos, sugiriendo un desequilibrio en la cadena trófica y en los procesos de reproducción, lo que podría desencadenar efectos en cascada en todo el ecosistema de la Reserva Natural Madre Verde.

5.3. Análisis Integral de Participación y Perspectivas

La Reserva Natural Madre Verde se destaca como un microcosmos que refleja la transformación global en las estrategias de conservación, emergiendo a través de la participación diversa y la percepción de sus visitantes y funcionarios. Su papel como centro de educación, investigación y conservación, destaca a las áreas naturales protegidas en la coexistencia entre la naturaleza y actividades socioambientales, contribuyendo a un futuro donde la biodiversidad no solo sobrevive, sino que prospera y se mantiene.

La participación activa en actividades turísticas y educativas por parte de todos los encuestados subraya la función de las reservas naturales como centros de educación ambiental. Este hallazgo respalda lo destacado por Arrieta y Moya (2021), quienes enfatizan no solo el valor del ecoturismo como medio para la sostenibilidad económica en áreas protegidas, sino también la relevancia en la investigación científica y la promoción activa de la educación ambiental.

La marcada importancia atribuida a la diversidad de flora y fauna por la mayoría de los encuestados resalta no solo la singular belleza y riqueza natural de la Reserva Natural Madre Verde, sino también señala un enfoque paradigmático en las estrategias de conservación de la biodiversidad en este sitio. Estos hallazgos indican que la percepción y valoración de la diversidad biológica han evolucionado hacia enfoques más integrales, alineándose con las tendencias actuales en las áreas naturales protegidas. Más allá de mantener un enfoque recreativo, se aprecia un creciente reconocimiento y valoración de la riqueza biológica como parte de la gestión y preservación de la Reserva.

No obstante, la observación de una presencia saludable de insectos herbívoros, polinizadores y depredadores que ofrece una perspectiva optimista. La sugerencia de los participantes de desarrollar programas educativos, talleres para agricultores y el monitoreo de las poblaciones de insectos reflejan un llamado a la acción y destaca a la colaboración entre la comunidad local, científicos y conservacionistas como técnicas necesarias para garantizar la conservación efectiva de los insectos en la reserva.

Además, la falta de conocimiento sobre la mayoría de las especies de insectos, como menciona Dourojeanni (2019) en el contexto de la Amazonía, persiste como un desafío en la reserva. A medida que las áreas no protegidas enfrentan amenazas crecientes, como la agricultura y la minería, se destaca la necesidad de abordar estas presiones para garantizar la conservación efectiva de los insectos.

La diversidad de opiniones sobre los cambios en la variedad y cantidad de insectos a lo largo del tiempo refleja la complejidad de las percepciones locales. Aunque un 12.5% notó cambios significativos, el 50% no está seguro o no percibió cambios, indicando una posible falta de conciencia sobre las dinámicas entomológicas en la reserva. La identificación del cambio climático como un desafío por parte del 50% de los encuestados destaca la conciencia de las amenazas externas que podrían afectar a los insectos en la reserva.

Ya que el uso intensivo de pesticidas, según lo señalado por Maggi y Chrei (2023), se presenta como una amenaza específica que podría afectar a las poblaciones de insectos beneficiosos, el estudio evidencia que la reserva no está exenta de amenazas que podrían impactar la salud y la diversidad de los insectos, como lo señala la extensa revisión bibliográfica. El cambio climático y la pérdida de hábitats naturales representan desafíos para la entomofauna, y la proximidad de la reserva a fincas agrícolas agrega una capa adicional de presión. Cabe destacar que la reserva se acredita como atractivo turístico, reconociendo al mismo tiempo las posibles amenazas provenientes de fincas agrícolas cercanas y el aumento de las temperaturas.

6. Conclusiones

6.1. Diversidad y Composición de Insectos en tres Estados Sucesionales de la Reserva

La investigación resalta el éxito de las técnicas aplicadas en la regeneración de la reserva, que ha experimentado un proceso regenerativo positivo durante más de dos décadas. A pesar de la persistencia de áreas de pastizales y charrales, los resultados indican un aumento en la formación de bosque secundario, apuntando hacia un futuro más biodiverso en la reserva. Estas conclusiones respaldan el abordaje pertinente en la implementación y el mantenimiento en los procesos de reforestación, ofreciendo perspectivas alentadoras desde el punto de vista ambiental. Dichos hallazgos proporcionan una sólida base para investigaciones futuras y estrategias de conservación en la Reserva Natural Madre Verde.

En cuanto a los insectos, el análisis de similitud revela patrones intrigantes en su sucesión ecológica. La presencia destacada de coleópteros, himenópteros, dípteros, lepidópteros, dermápteros y ortópteros resalta no solo la diversidad funcional dentro de estos grupos, sino también su papel en el equilibrio ambiental. La conexión entre ciertos grupos de insectos y la frecuencia vegetal indica interacciones específicas que subrayan la complejidad de las relaciones entre insectos y su entorno. Este conocimiento aporta valiosa información para la gestión y conservación de estos elementos clave de la biodiversidad, ofreciendo una perspectiva más completa de la interconexión entre la flora y la fauna en la Reserva Natural Madre Verde.

6.2. Factores que Amenazan la Conservación de los Grupos de Insectos Clave de la Reserva

La exploración detallada de las interacciones bióticas a lo largo de las sucesiones ecológicas resalta la complejidad intrínseca de la red de vida en los ecosistemas. Este análisis revela que la interdependencia entre organismos vivos no solo refleja la fragilidad de la naturaleza, sino que también se encuentran desafíos apremiantes en la conservación y gestión de los ecosistemas actuales. El abordaje de temas como las estrategias adaptativas se hace evidente, subrayando la búsqueda por comprender y abordar las complejidades dinámicas de las interacciones bióticas para garantizar la salud a largo plazo de nuestros entornos naturales.

La observación de patrones, como la disminución del parasitismo en la etapa intermedia y la persistencia de la herbívora a lo largo de las etapas sucesionales, sugiere la capacidad de las comunidades bióticas para adaptarse a condiciones cambiantes. Estos hallazgos no solo resaltan la plasticidad y diversidad biológica del sistema, sino que también consideran tanto la variabilidad taxonómica como las interacciones específicas en la comprensión de las dinámicas ecológicas. En última instancia, reconocer la complejidad de las interacciones bióticas no solo proporciona una visión más profunda de la naturaleza, sino que también subraya imperativa influencia de conservar la biodiversidad como medida que asegura la estabilidad del ecosistema.

6.3. Análisis Integral de Participación y Perspectivas

La Reserva Natural Madre Verde emerge como un microcosmos que refleja la evolución global en las estrategias de conservación. Su papel central como centro de educación, investigación y conservación, recae en la labor de las áreas naturales protegidas en la interacción armoniosa entre la naturaleza y las actividades humanas. Este enfoque no solo asegura la supervivencia de la biodiversidad, sino que promueve su prosperidad. La participación diversa y la percepción positiva de visitantes y funcionarios indican un cambio cultural hacia una mayor conciencia y valoración de la naturaleza.

A pesar de la observación optimista de una presencia saludable de insectos, prevalecen desafíos. La falta de conocimiento sobre especies específicas y la diversidad de opiniones sobre cambios en las poblaciones de insectos indican la complejidad de las percepciones locales. La propuesta de programas educativos, talleres y monitorización de insectos por parte de los

participantes impulsa a la acción inmediata. La identificación del cambio climático y el uso intensivo de pesticidas como amenazas, junto con la proximidad a fincas agrícolas, aborda presiones externas para garantizar la salud y diversidad de los insectos en la reserva. Siendo la colaboración entre la comunidad local, científicos y conservacionistas parte de este esfuerzo.

7. Recomendaciones

7.1. Implementar programas de monitoreo continuo.

Se sugiere la implementación de programas de monitoreo a largo plazo en la Reserva Natural Madre Verde con el objetivo de identificar a las especies de insectos endémicas del sitio. Estos programas deben abordar la evaluación de las relaciones entre los cambios en la cobertura vegetal y la diversidad de insectos, así como analizar la influencia de los factores climáticos locales. Este enfoque integral incluiría la identificación de especies clave y la observación de patrones estacionales, permitiendo ajustar estrategias de conservación de manera precisa en respuesta a las dinámicas específicas de la población de insectos en la reserva.

7.2. Integrar resultados en programas de educación ambiental.

Se recomienda integrar los resultados del presente estudio en la creación de programas de educación ambiental dirigidos a visitantes de la reserva y a la comunidad local, incorporando específicamente el fascinante mundo de los insectos de la reserva. Esta integración no solo proporcionará información valiosa sobre la delicada red de relaciones ecológicas presentes, sino que también enriquecerá los programas de avistamiento de vida silvestre en la reserva. Al destacar la diversidad de los insectos en el ecosistema, se busca sensibilizar a los visitantes sobre estos diminutos habitantes en la biodiversidad local. Este enfoque no solo aumentará la conciencia general sobre las interacciones ecológicas, sino que también fomentará prácticas sostenibles al apreciar la intrincada relación entre la vida silvestre y su entorno.

8. Referencias

- Abellán-López, M. Á. (2021). El cambio climático: negacionismo, escepticismo y desinformación. *Tabula rasa*, (37), 283-301. <https://orcid.org/0000-0002-6553-0227>
- Alfonso-Sosa, I., Ardila-Bayona, V., Florez-Quito, A., & Velásquez, J. (2023). Relación del conocimiento local y académico sobre los servicios ecosistémicos prestados por dípteros, escorpiones e himenópteros asociados a ubaque–Cundinamarca. *Bio-grafía*. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18051>
- Arasa-Gisbert, R., Arroyo-Rodríguez, V., & Andresen, E. (2021). El debate sobre los efectos de la fragmentación del hábitat: causas y consecuencias. *Ecosistemas*, 30(3), 2156-2156. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2156>
- Arízaga, W. S., & Pico, M. Á. (2022). Caracterización y sucesión ecológica de la flora y fauna terrestre ubicada en el barrio 12 de Octubre, de la provincia de Los Ríos. *Revista Acta Oceanográfica del Pacífico*, 4(2), 35-44. <https://doi.org/10.54140/raop.v4i2.57>
- Arrieta-García, M. M., & Moya-Calderón, M. (2021). Estrategia de sostenibilidad para reservas naturales privadas. Estudios de caso en Costa Rica. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 4, e106. <https://doi.org/10.46380/rias.vol4.e106>
- Avendaño-Leadem, D. F., Cedeño-Montoya, B. C., & Arroyo-Zeledón, M. S. (2020). Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial. *Revista Geográfica de América Central*, (65), 63-90. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.65-2.3>
- Barquero-Elizondo, A. I., Aguilar-Monge, I., Méndez-Cartín, A. L., Hernández-Sánchez, G., Sánchez-Toruño, H., Montero-Flores, Herrera-González, E., Sánchez-Chaves, L. A., Barrantes-Vásquez, A., Gutiérrez-Leitón, M., Mesén-Montano, I., & Bullé-Bueno, F. (2019). Asociación entre abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini) y la flora del bosque seco en la región norte de Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 70-91. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.53-1.4>
- Basset, Y., Miller, S. E., Gripenberg, S., Ctvrticka, R., Dahl, C., Leather, S. R., & Didham, R. K. (2019). An entomocentric view of the Janzen-Connell hypothesis. *Insect Conservation*

- and Diversity*, 12(1), 1-8.
<https://centaur.reading.ac.uk/81044/3/SubmitBassetEtAlEditorial.pdf>
- Campos, D., & Poveda, L. R. (2022). La importancia del estudio de interacciones planta-insecto en ecosistemas naturales: El caso del bosque de niebla en el Parque Chicaque. *Bio-grafía*.
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18353>
- Carmona, G & Carmona, A. (2022). PLAN ESTRATEGICO 2022-2025. Fundación Madre Verde. <https://fundacionmadreverde.org/informes/>
- Castellanos-Vargas, I., Z. Cano-Santana, R. Mariño-Pérez, P. Fontana y F.M. Buzzetti. 2022. Ortópteros: chapulines, langostas, grillos y esperanzas. En: La biodiversidad en Oaxaca. *Estudio de Estado*, 3, 31-38.
- Cevallos-Suarez, M., Urdaneta-Ortega, F., & Jaimes, E. (2019). Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: Dimensiones e indicadores para su estudio. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(3), 172-185.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7026742>
- Clemente-Orta, G., & Álvarez, H. A. (2019). La influencia del paisaje agrícola en el control biológico desde una perspectiva espacial: . *Ecosistemas*, 28(3), 13-25.
<https://doi.org/10.7818/ECOS.1730>
- Cultid-Medina, C., & Escobar, F. (2019). Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (qD). En C. E. Moreno-Ortega (Ed.), *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio* (pp. 175-202). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- de Lima Abouhamad, S., Rojas Ramírez, M. V., Méndez-Ramírez, J. L., Salazar-Céspedes, K., & Salmerón-Alpizar, A. L. (2017). Servicios ecosistémicos de regulación que benefician a la sociedad y su relación con la restauración ecológica. *Biocenosis*, 31(1-2).
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1731>
- Domènech-Casal, J. (2020). Diseñando un simulador de ecosistemas. Una experiencia STEM de enseñanza de dinámica de los ecosistemas, funciones matemáticas y

- programación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 320201-320217.
- Dourojeanni, M. J. (2019). Conservación de insectos en la amazonia. *Ecología Aplicada*, 18(2), 189-202. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1337>
- Doyle, T., Hawkes, W. L., Massy, R., Powney, G. D., Menz, M. H., & Wotton, K. R. (2020). Pollination by hoverflies in the Anthropocene. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1927), 20200508. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0508>
- Esquembre, Á. C., García, M. Á. M., & Sabater, A. R. (2022). *Guía de los dípteros sírfidos del campus de la Universidad de Alicante*. Universidad de Alicante.
- Folgar-Cameán, Y. (2020). Procesos selectivos en el mimetismo de coleópteros alticinos. Universidade de Santiago de Compostela. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/30982>
- García-Pérez, J. F. A. (2015). DENSIDAD Y DIVERSIDAD DE ARTROPODOS TERRESTRES EN EL AREA DE INTERES PAISAJISTICO “ALONSO VERA” (GIRARDOT – CUNDINAMARCA). *Ciencias Agropecuarias*, 1(1), 67–79. <https://doi.org/10.36436/24223484.186>
- García-Sánchez, M., & González-Chaverri, P. (2022). La Reserva Biológica Tirimbina, en Costa Rica: modelo en la conservación del bosque lluvioso tropical, la investigación científica, el ecoturismo y la educación ambiental. *Revista de Ciencias Ambientales*, 56(2), 242-253. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.56/2.13>
- Garza-Sánchez, J., Coronado-Blanco, J. M., Rodríguez-Del-Bosque, L. Á., Osorio-Hernández, E., Estrada-Drouaillet, B., & Khalaim, A. I. (2023). El control biológico en la educación agrícola: una alternativa sustentable. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 9(1). <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/509>
- Giraldo-Jaramillo, M. (2020). Control natural factores abióticos. Cenicafé. PDF
- Godoy-Cabrera, C., & Ramírez-Albán, N. (2019). *Biodiversidad e inventario de la naturaleza*. EUNED.

- Gómez-Guerrero, A., Correa-Díaz, A., & Castruita-Esparza, L. U. (2021). Cambio climático y dinámica de los ecosistemas forestales. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 673-673. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.673>
- Gosende-Amorin, R., & Hernández-Teixidor, D. J. (2019). Distribución potencial de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de las Islas Canarias. Cambio Climático y especies invasoras. Universidad de la Laguna.
- Goyenechea-Mayer, I., Chavarría-Olmedo, Y., Martínez García, A. L., & Ortiz-Caballero, E. (2019). Evolución en la selección de áreas protegidas en el continente americano: el caso de Estados Unidos, México y Costa Rica. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 7(13), 47-53. <https://doi.org/10.29057/icbi.v7i13.3433>
- Herrera-Fernández, B. (2021). *De la Biodiversidad a la ciencia de la conservación de la biodiversidad tropical*. EUNED
- Londoño-Alejo, L. C., & Cabra-García, J. (2023). Diversidad de geadephaga (coleoptera) en bosques primarios y áreas transformadas en la amazonia oriental colombiana. Universidad del Valle. <https://hdl.handle.net/10893/24311>
- López-Moreno, Y. M. & Pianda-Rodríguez, D. P. (2018). *Entomofauna epiedáfica en áreas de restauración ecológica del parque ecológico cantarrana (Bogota D.C.)*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11349/13081>.
- Magallanes, C. (2023). Uso de control biológico como estrategia para la gestión eco-amigable de áreas verdes en el distrito de Miraflores, Lima 2022. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias Sociales con Mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible, Escuela de Postgrado, Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13252>
- Maggi, C., & Chreil, R. (2023). Toxicidad de pesticidas para insectos polinizadores. *Polinizador de cultivos*, (5) 33-42. Pdf
- Medianero, E., Carrasco, G., Pérez, E., Araúz-Araúz, B., Castaño-Meneses, G., & Martínez-Torres, A. O. (2017). COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ARTRÓPODOS QUE HABITAN EN EL DOSEL EN UN BOSQUE TROPICAL DE TIERRAS BAJAS

- EN PANAMÁ. *Scientia*, 27(2), 51–67.
<https://matriculapre.up.ac.pa/index.php/scientia/article/view/68>
- Molinas-González, C. R. (2020). *Dinámica post-incendio de la madera muerta e implicaciones de su manejo para las comunidades de insectos* (Doctoral dissertation, Universidad de Granada). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=291485>
- Moreno-Díaz, M. L. (2020). *Guía metodológica para la identificación y valoración de los bienes y servicios que brinda la biodiversidad y los recursos naturales*. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), Universidad Nacional (UNA). <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/19036>
- Obando-Romero, J. P. (2021). *Modelización de la dinámica temporal de poblaciones de insectos*. EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21998>
- Orozco, R. E. A., Diaz, R. E. C., Jenkins, M. V. C., Rodríguez, D. K. R., Julieth, S., & Venegas, V. (2021). Interpretación ambiental para el Jardín de Polinizadores en la Reserva Natural Madre Verde, Palmares, Costa Rica. Fundación Madre Verde.
- Orozco, R. E. A., Diaz, R. E. C., Jenkins, M. V. C., Rodríguez, D. K. R., Julieth, S., & Venegas, V. (2021). Interpretación ambiental para el Jardín de Polinizadores en la Reserva Natural Madre Verde, Palmares, Costa Rica. <https://fundacionmadreverde.org/wp-content/uploads/2021/10/Interpretaci%C3%B3n-Ambiental-para-el-Jard%C3%ADn-de-Polinizadores-en-la-Reserva-Natural-Madre-Verde-1-1.pdf>
- Pataca-Rodríguez, F., & Flores, E. (2022). Desarrollo sostenible desde la educación ambiental en Latinoamérica: Una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 1981-2000. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2348
- Ramos-Torres, D. I. (2021). Contribución de la educación superior a los Objetivos de Desarrollo Sostenible desde la docencia. *Revista Española de Educación Comparada*, (3), 89-110. <https://hdl.handle.net/11162/206804>
- Rendoll-Cárcamo, J., Contador, T., Gañán, M., Houston, N., Troncoso, M., Arriagada, G., Saldías, C., Caballero, P., Malebrán, J., Kennedy, J., Convey, P., & Rozzi, R. (2020). Filosofía Ambiental de Campo: Educación e investigación para la valoración ecológica y

- ética de los insectos dulceacuícolas. *Magallania (Punta Arenas)*, 48(2), 213-228.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-22442020000200213>
- Rodríguez, C., & Brenes, L. (2010). Fauna de vertebrados de la Reserva Madre Verde, Palmares, Costa Rica. *Brenesia*, 73, 108-120.
- Rodríguez, C., & Sterling, A. (2020). *Sucesión ecológica y restauración en paisajes fragmentados de la Amazonia colombiana*. Buenas Prácticas para la Restauración de los Bosques.
- Rodríguez-Arias, C. (2007). EVALUACIÓN ECOLÓGICA EN LA RESERVA MADRE VERDE (PALMARES, COSTA RICA 2005-2006) COMO BASE PARA SU MANEJO SOSTENIBLE. <https://fundacionmadreverde.org/informes/>
- Rodríguez-Arias, C. (2023). Cambios en la estructura vertical y composición florística en la Reserva Natural Madre Verde—Costa Rica—tras 15 años de restauración ecológica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(2), 1-26. <https://doi.org/10.15359/rca.57-2.9>
- Rodríguez-Crespo, G. de la C., Domínguez-Junco, O., & Ortega-Pérez, L. E. (2023). Servicios ecosistémicos de bosques: producción agropecuaria. *Revista Científica Episteme & Praxis*, 1(1), 48–58. <https://epistemeypraxis.org/index.php/revista/article/view/9>
- Romero-Añazco, Y. V. (2020). *Caracterización de la composición florística y el suelo del bosque húmedo tropical del sector Santa Rosa, valle Sancán, Manabí, Ecuador* (Bachelor's thesis, Jipijapa-UNESUM).
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2053>
- Samways, M. J. (2019). *Insect conservation: a global synthesis*. CABI.
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. (2021). Further evidence for a global decline of the entomofauna. *Austral Entomology*, 60(1), 9-26. <https://doi.org/10.1111/aen.12509>
- Sánchez-González, A., Ramírez-Bautista, A., Martínez-Falcon, A. P., Octavio-Aguilar, P., Martínez-Hernández, S., Bravo-Cadena, J., Galván-Hernández, D. C., & Ortiz-Pulido, R. (2021). Conservación Biológica: el caso de algunos grupos de insectos, anfibios, reptiles, aves y plantas de México. *Herreriana*, 3(1), 12-17. <https://doi.org/10.29057/h.v3i1.6909>

- Sandoval, L., Morales, C. O., Ramírez-Fernández, J. D., Hanson, P., Murillo-Hiller, L. R., & Barrantes, G. (2019). The forgotten habitats in conservation: early successional vegetation. *Revista de Biología Tropical*, 67(2), 36-52.
<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i2supl.37202>
- Sasa, M., Oviedo-Brenes, F., Beneyto-Garrigos, D., Bonilla, F., Arevalo, J., Sánchez, R., Morales-Gutiérrez, L., Arias-Ortega, J., Vargas-Castro, R., Serrano-Sandí, J., Monrós, J., & Hanson, P. (2022). Uso de la diversidad biológica de grupos indicadores para evaluar la compensación ecológica: el caso del Embalse Río Piedras, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 70. <http://dx.doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v70is1.53487>
- Smith, T. M., & Smith R. L. (2007). *Ecología* (6ª ed.). Madrid, España: PEARSON.
- Van der Sluijs, J. P. (2020). Insect decline, an emerging global environmental risk. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 46, 39-42.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343520300671>
- Vieira, R. (2021). CAMBIO CLIMÁTICO. *Diccionario de Desarrollo Regional y Cuestiones Conexas*. 96-98.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*.
- Wilson, R. J., & Fox, R. (2021). Insect responses to global change offer signposts for biodiversity and conservation. *Ecological Entomology*, 46(4), 699-717.
- Woodley, S., MacKinnon, K., McCanny, S., Pither, R., Prior, K., Salafsky, N., & Lindenmayer, D. (2019). Gestión y manejo de áreas protegidas para la diversidad biológica y las funciones del ecosistema. *Gobernanza y Gestión de Áreas Protegidas*, 697-734.

9. Anexos

Anexo A1: Trampa de Caída Pitfall



Anexo A2: Ubicación de las trampas de Caída Pitfall



Anexo A3: Red de golpe



Anexo A4: Empleo de la red de golpe



Anexo B1: Encuesta sobre Reserva Natural Madre Verde

¡Hola! Agradezco su participación en este formulario sobre la Reserva Natural Madre Verde. Su conocimiento y experiencias son fundamentales para profundizar en la comprensión de este entorno único. Por favor, responde con honestidad y detalle. ¡Comencemos!
Nombre:
1. Conexión con la Reserva ▪ Funcionario ▪ Visitante ▪ Residente ▪ Investigador
2. Por favor, indique cuánto tiempo ha pasado desde su última visita a la reserva ▪ Menos de un mes ▪ Entre uno y seis meses ▪ Hace más de seis meses hasta un año ▪ Hace más de un año ▪ No he visitado la reserva
3. ¿Cuáles son, según su experiencia, los aspectos más destacados de la Reserva Natural Madre Verde? ▪ La diversidad de flora y fauna ▪ Las rutas de senderismo y paisajes naturales ▪ Programas educativos y de conservación ▪ Oportunidades para la observación de aves ▪ No tengo experiencia en la Reserva
4. ¿Ha participado en actividades turísticas o educativas dentro de la Reserva? ▪ SI

▪ NO
5. En caso de haber participado en actividades turísticas o educativas dentro de la Reserva, por favor indique en cuáles ha participado: ▪ Senderismo o caminatas ▪ Tours de observación de aves ▪ Educación ambiental ▪ Talleres sobre vida silvestre
6. Marque las funciones que cree que cumplen los insectos en la reserva ▪ Polinizar plantas ▪ Controlar insectos que son plagas ▪ Servir de alimento a aves y otros animales ▪ Desconocía que tuvieran una función
7. En caso de conocer la reserva durante más de un año. ¿Ha observado cambios en la variedad y la cantidad de insectos durante el tiempo que ha conocido la reserva? ▪ Sí, he notado cambios significativos ▪ Sí, he observado algunos cambios, pero no son significativos ▪ No, no he percibido cambios en la variedad y cantidad de insectos ▪ No estoy seguro
8. Desde su punto de vista, ¿cuáles son los desafíos más significativos que enfrentan los insectos en la Reserva Natural Madre Verde? ▪ Pérdida de hábitat ▪ Cambios en el clima ▪ Competencia con especies invasoras ▪ Desconocía que enfrentaban desafíos
9. Seleccione las opciones que considere deberían tomarse en cuenta para conservar la diversidad de insectos en la Reserva Natural Madre Verde

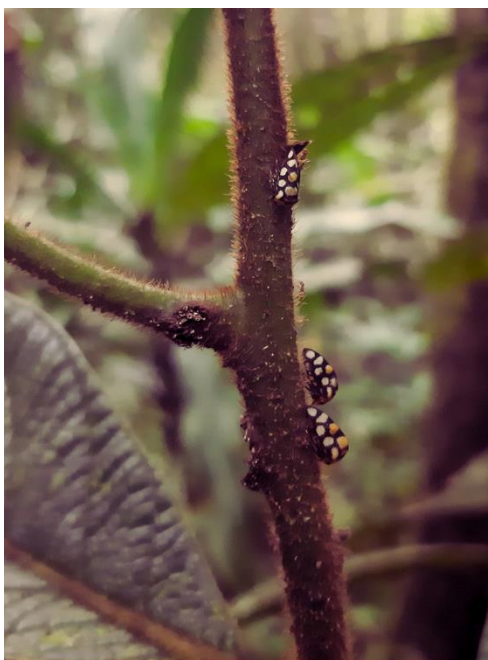
- Desarrollar programas educativos sobre la importancia de la diversidad de insectos
- Organizar talleres y charlas para agricultores sobre prácticas agrícolas sostenibles
- Monitoreo y respuesta a variaciones en las poblaciones de insectos
- Desarrollo de estrategias para controlar y eliminar especies invasoras
- No estoy seguro

10. ¿Cómo percibe la importancia de la educación ambiental en la conservación de la Reserva Natural Madre Verde?

- Muy importante
- Importante
- Neutral
- Poco importante
- No estoy seguro

11. Comentarios Adicionales:

Anexo C1. Familia Membracidae



Anexo C2. Familia Membracidae



Anexo C3. Familia Coreidae



Anexo C4. Familia Nymphalidae



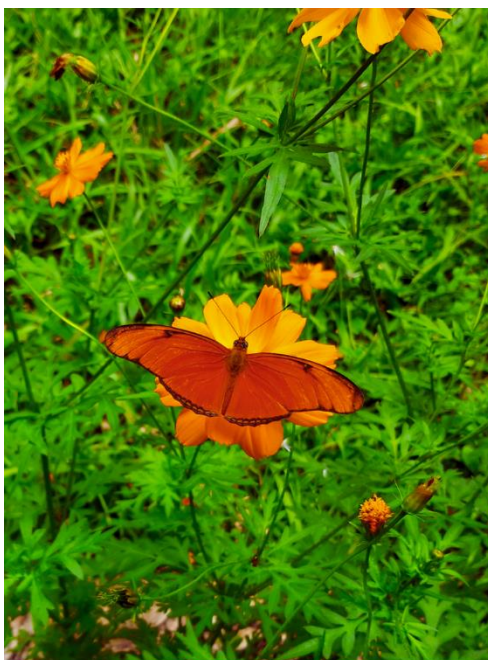
Anexo C5. Familia Nymphalidae



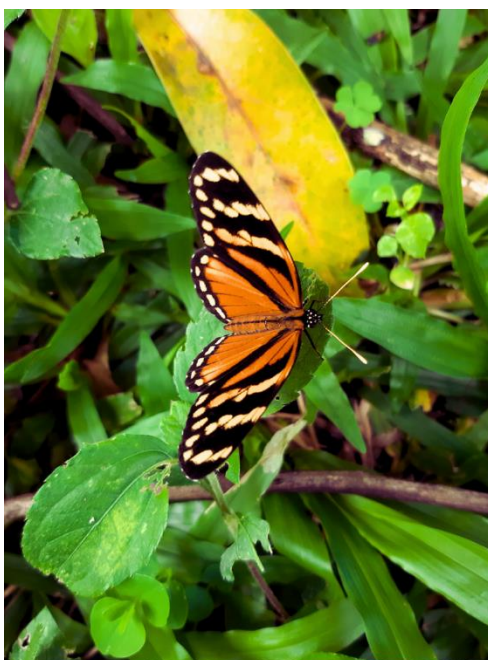
Anexo C6. Familia Riodinidae



Anexo C7. Familia Nymphalidae



Anexo C8. Familia Nymphalidae



Anexo C9. Familia Nymphalidae



Anexo C10. Familia Riodinidae



Anexo C11. Familia Nymphalidae



Anexo C12. Familia Nymphalidae



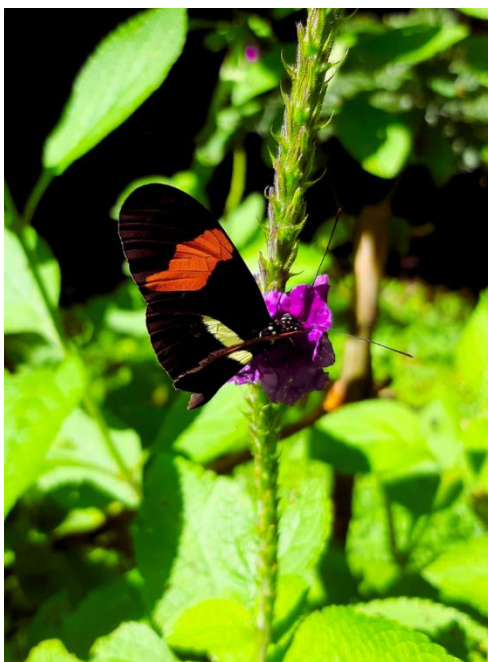
Anexo C13. Familia Nymphalidae



Anexo C14. Familia Nymphalidae



Anexo C15. Familia Nymphalidae



Anexo C16. Familia Diapheromeridae



Anexo C17. Familia Acrididae



Anexo C18. Familia Acrididae



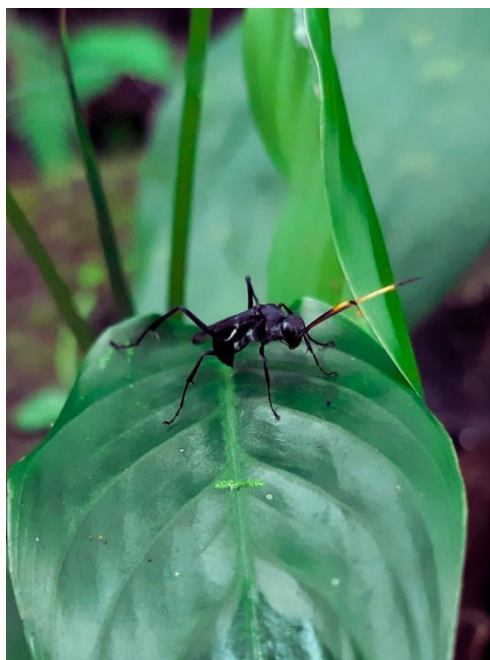
Anexo C19. Familia Tettigoniidae



Anexo C20. Familia Tettigoniidae



Anexo C21. Familia Pompilidae



Anexo C22. Familia Vespidae



Anexo C23. Familia Ichneumonidae



Anexo C24. Familia Syrphidae



Anexo C25. Familia Sarcophagidae



Anexo C26. Familia Chrysomelidae



Anexo C27. Familia Chrysomelidae



Anexo C28. Familia Scarabaeidae



Anexo C29. Familia Scarabaeidae



Anexo C30. Familia Carabidae



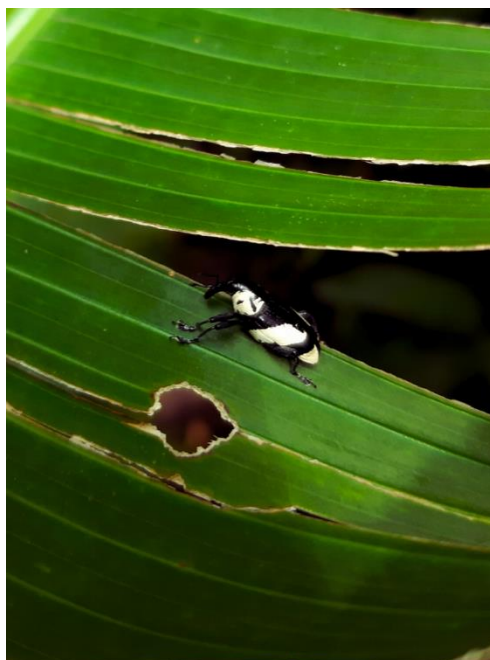
Anexo C31. Familia Lucanidae



Anexo C32. Familia Cerambycidae



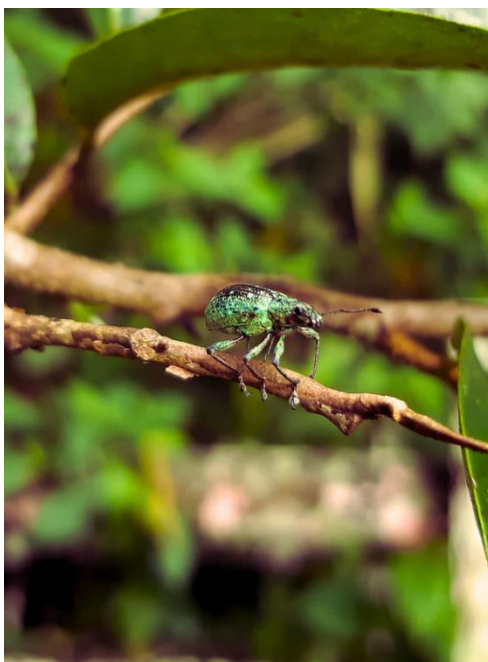
Anexo C33. Familia Curculionidae



Anexo C34. Familia Curculionidae



Anexo C35. Familia Curculionidae



Anexo C36. Familia Curculionidae

