INFORME TÉCNICO FINAL

CONVENIO DE ASOCIACIÓN NO° CA-002 -2025.



COMPONENTE INSECTOS

PROYECTO:

MEJORAMIENTO DE LA SOSTENIBILIDAD Y CONOCIMIENTO DE LA OFERTA AMBIENTAL DE LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL MUNICIPIO DE QUIMBAYA

INFORME TÉCNICO FINAL

CONVENIO DE ASOCIACIÓN N° CA-002 DE 2025:

"AUNAR ESFUERZOS TÉCNICOS, ADMINISTRATIVOS, OPERATIVOS Y FINANCIEROS PARA EL INCREMENTO, SOSTENIBILIDAD Y CONOCIMIENTO DE LA OFERTA AMBIENTAL DE LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL MUNICIPIO DE QUIMBAYA"

OCTUBRE 2025

JUAN MANUEL RODRÍGUEZ BRITO
Alcalde
Municipio de Quimbaya

CRISTIAN EDUARDO RAMOS HERRERA
Secretario de Despacho de Competitividad y Desarrollo Agropecuario
Municipio de Quimbaya

MARIA LUDIBIA ARIAS GIRALDO
Subsecretaria de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural
Municipio de Quimbaya

DIANA VANESSA VÁSQUEZ GALVIS
Representante Legal
Corporación Ambiental, Cultural y Social Tibouchina

ANDRÉS FELIPE OROZCO-CARDONA
Coordinador Equipo Científico

Jheferson Herrera-Echeverry
COMPONENTE FENOLOGÍA

Alexis Marulanda-Andrade
COMPONENTE FLORA

Jean Wilman Parra
COMPONENTE AVIFAUNA

José Aníbal González-Naranjo
COMPONENTE MASTOFAUNA

Pablo Andrés Zanabria-Gil
COMPONENTE QUIRÓPTEROS

Natalia Pulgarín-Franco
COMPONENTE HÍDRICO

Laura Camila Herrera-López
COMPONENTE HERPETOS

Ricardo Soto-Agudelo
COMPONENTE HONGOS

Andrés Felipe Grajales-Andica
COMPONENTE INSECTOS

Angie Lorena Salazar-Oliveros
Valentina Rosero Marín
COMPONENTE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Santiago Fernández-Ángel
Carol Tatiana Morales-Lotero
José David Quiñonez-Gómez
Daniela Giraldo-Otalvaro
Albert Ospina-Duque
Erika Julieth Sánchez-Rojas
Santiago David Leguizamón-Mesa
Juan Gabriel Arroyave-Zuluaga
Kevin Joseph López-Molina
Valeria Valencia-Agudelo
Luis Felipe Sánchez-Albarán
PROFESIONAL DE APOYO

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 9

JUSTIFICACIÓN 13

OBJETIVO DEL CONVENIO 21

OBJETIVOS 21

OBJETIVO GENERAL 21

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 21

ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO 22

DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS 24

METODOLOGÍA UTILIZADA PARA REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO EN LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN 32

RESULTADOS 37

ESPECIES OBJETO DE MONITOREO 48

CONCLUSIONES 50

RECOMENDACIONES 51

BIBLIOGRAFÍA 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas y códigos de parcelas ubicadas en los predios Cajones y Quimbaya. 33

Tabla 2. Listado y abundancia de insectos registrados en los predios Cajones y Quimbaya. 37

Tabla 3. Análisis de Especies Indicadoras (IndVal) para las coberturas vegetales muestreadas en los predios Cajones y Quimbaya. Se proporcionan los valores de los indicadores y los valores p asociados. 48

Tabla 4. Listado de especies de insectos de interés ecológico o de monitoreo en los predios Cajones y Quimbaya. 48

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura 1. Paisaje de los predios Cajones-Quimbaya. Autor: José Aníbal González. 20

Figura 2. Mapa de localización de los predios Cajones y Quimbaya. 24

Figura 3. Ecosistema de Bosque Húmedo Montano Bajo presente en los predios Cajones-Quimbaya. 25

Figura 4. Mapa de coberturas de vegetales de los predios Cajones y Quimbaya. 26

Figura 5. Toma aérea del Bosque Abierto. 27

Figura 6. Toma aérea del Guadual 28

Figura 7. Toma aérea del Bosque Ripario 29

Figura 8. Toma aérea del Herbazal. 30

Figura 9. Toma aérea del Helechal. 31

Figura 10. Área de estudio y sitios de muestreo en los predios Cajones y Quimbaya. Los círculos azules representan las parcelas de Bosque abierto, los círculos amarillos representan las parcelas del Guadual y los círculos verdes representan las parcelas de Bosque ripario. 32

Figura 11. Trampas de caída. 34

Figura 12. Trampas Van Someren-Rydon. 34

Figura 13. Trampa de olor 34

Figura 14. Red entomológica. 34

Figura 15. Colecta manual. 34

Figura 16. Riqueza y abundancia de los órdenes de insectos registrados en los predios Cajones y Quimbaya. 40

Figura 17. Riqueza y abundancia de las principales 20 familias de insectos registradas en los predios Cajones y Quimbaya. 40

Figura 18. Abundancia de las primeras 20 especies de insectos registrados en los predios de Cajones y Quimbaya. 41

Figura 19. Riqueza y abundancia de insectos por cobertura vegetal en los predios Cajones y Quimbaya. 42

Figura 20. Especies de insectos más abundantes en la cobertura de Bosque abierto en los predios Cajones y Quimbaya. 42

Figura 21. Especies de insectos más abundantes en la cobertura de Guadual en los predios Cajones y Quimbaya. 43

Figura 22. Especies de insectos más abundantes en la cobertura de Bosque ripario en los predios Cajones y Quimbaya. 43

Figura 23. Diversidad de orden ^{0}D, riqueza de especies de insectos por cobertura vegetal en los predios Cajones y Quimbaya. La línea vertical indica el IC 95%. 44

Figura 24. Diversidad de orden ^{1}D, diversidad de especies de insectos igualmente comunes por cobertura vegetal en los predios Cajones y Quimbaya. La línea vertical indica el IC 95%.....45

Figura 25. Diversidad de orden ^{2}D, diversidad de especies de insectos dominantes por cobertura vegetal en los predios Cajones y Quimbaya. La línea vertical indica el IC 95%.....45

Figura 26. Análisis de Escalamiento Multidimensional No-Métrico (NMDS) de la composición de insectos entre las coberturas vegetales muestreadas en los predios Cajones y Quimbaya, basado en el índice Bray-Curtis.....46

Figura 27. Diagrama de Venn de la composición de especies de insectos entre las coberturas vegetales muestreadas en los predios Cajones y Quimbaya. 47

Figura 28. *Trigona fulvivetris* 49

Figura 29. *Greta andromica* 49

Figura 30. *Ithomia iphianassa* 49

Figura 31. *Oleria makrena caucana* 49

Figura 32. *Catasticta prioneris* 49

Figura 33. *Brechmorhoga rapax*.....49

Figura 34. *Orthemis discolor* 49

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todas las personas e instituciones que hicieron posible la elaboración de este informe, el cual registra especies clave para realizar el monitoreo fenológico y ecológico de las especies presentes en las áreas de conservación Cajones-Quimbaya, ubicadas en jurisdicción del municipio de Filandia.

A la Alcaldía de Quimbaya, por su apoyo y supervisión; a la señora María Teresa, por su amabilidad y disposición para facilitar la logística del proyecto en su vivienda.

Asimismo, a quienes aportaron en el ámbito científico y técnico: a Yolima Arcila García, por el acompañamiento e identificación de la muestra viva de Lauráceas; a Santiago Fernández Ángel, por el apoyo en Sistemas de Información Geográfica y elaboración de mapas; a Hugo Mario Aldana, por el registro fotográfico y audiovisual; al biólogo Manuel Muñoz Martínez, por sus aportes al conocimiento de mamíferos y herpetos; y a Daniel Alejandro Londoño, estudiante de Biología, por su valioso acompañamiento en campo.

A todos, mil gracias.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas neotropicales constituyen una de las regiones biogeográficas más diversas y complejas del planeta, extendiéndose desde el sur de México hasta el norte de Argentina e incluyendo diferentes áreas del Caribe. Este dominio comprende una amplia gama de biomas, tales como selvas húmedas, bosques secos, sabanas, manglares y ecosistemas montanos, que se caracterizan por sus condiciones climáticas cálidas y húmedas, así como por una elevada productividad primaria (Myers et al., 2000). La heterogeneidad ambiental, la estacionalidad climática relativamente estable y los prolongados procesos evolutivos que han tenido lugar en estas regiones, ha favorecido la estructuración de comunidades biológicas altamente diversas, con un notable porcentaje de endemismos y relaciones ecológicas especializadas (Gentry, 1992).

Particularmente, los Andes colombianos destacan como una de las regiones biogeográficas más diversas del planeta tanto por su riqueza de especies como por el elevado endemismo y complejidad ecológica. Esta zona concentra una notable proporción de especies de flora y fauna, incluyendo una sobresaliente representación de plantas vasculares, mamíferos, aves, anfibios, reptiles e insectos (Mittermeier et al., 2003). Esta diversidad resulta de la interacción entre factores históricos, geográficos y ecológicos como la estabilidad climática a escala evolutiva, la diversidad de microhábitats y la existencia de gradientes altitudinales que fomentan la especiación (Hoorn et al., 2010). Adicionalmente, muchas especies presentan distribuciones geográficas restringidas y un alto grado de especialización, lo que contribuye a una elevada diversidad beta entre ecosistemas adyacentes (Jenkins et al., 2013).

Por ende, la biodiversidad andina no solo representa una riqueza taxonómica notable, sino que también sustenta una importante diversidad funcional y filogenética que asegura procesos ecológicos clave como la polinización, la dispersión de semillas, la descomposición de materia orgánica, el control de poblaciones y el reciclaje de nutrientes (Cadotte et al., 2011). Por lo cual, la conservación de esta biodiversidad es fundamental no solo por su valor intrínseco, sino también por su papel insustituible en el mantenimiento de la integridad y resiliencia de los ecosistemas.

Además de la alta biodiversidad, los ecosistemas andinos también desempeñan un rol esencial en la provisión de servicios ecosistémicos fundamentales. Entre los servicios de soporte se incluyen la formación y conservación del suelo, la polinización y la regulación de los ciclos de nutrientes (MEA, 2005). Como servicios de regulación destacan la mitigación de inundaciones y sequías, la captura de carbono y la regulación térmica y climática, en tanto que los servicios de provisión comprenden el suministro de madera, frutos, fibras, plantas medicinales y así como el mantenimiento de la calidad y recarga hídrica (Pan et al., 2011; Padoch & Sunderland, 2014). A estos beneficios se suma un

profundo valor cultural, espiritual y recreativo, constituyéndose en espacios esenciales para la identidad de comunidades indígenas y campesinas (Gómez-Baggethun et al., 2013).

No obstante, los ecosistemas andinos se ven amenazados por una serie de presiones antrópicas que comprometen su integridad ecológica. La expansión agropecuaria, la ganadería extensiva, la minería, la tala selectiva y la urbanización no planificada han generado una pérdida acelerada de hábitats y una intensa fragmentación del paisaje (Barlow et al., 2018). Estas alteraciones disminuyen la cobertura boscosa, interrumpen la conectividad ecológica y aíslan poblaciones biológicas, afectando el flujo genético. A ello se suman los impactos del cambio climático, que agravan el estrés hídrico, alteran los ciclos fenológicos y modifican los rangos altitudinales y geográficos de numerosas especies (IPBES, 2019). La contaminación por agroquímicos y metales pesados, junto con la proliferación de especies invasoras, incrementa la vulnerabilidad de estos ecosistemas, comprometiendo sus funciones ecológicas y reduciendo los servicios que brindan (Gibson et al., 2011).

Las consecuencias de estas amenazas se reflejan en la pérdida de funcionalidad ecológica y en la simplificación de las comunidades biológicas. a fragmentación del hábitat, la sobreexplotación de especies y la presencia de especies invasoras han provocado reducciones poblacionales críticas y extinciones locales en diversos taxones (Cardinale et al., 2012). Estos procesos desestabilizan relaciones ecológicas clave, afectan los ciclos biogeoquímicos y provocan la disminución en la provisión de servicios como la polinización, el control natural de plagas o la regulación hídrica (Díaz et al., 2006). A medida que se erosiona la biodiversidad, disminuye también la capacidad de los ecosistemas para adaptarse a eventos extremos, aumentando su vulnerabilidad y acelerando procesos de degradación (Oliver et al., 2015).

Por esta razón, las áreas de conservación han sido reconocidas como estrategias clave para la protección de la biodiversidad y la mitigación de los efectos del cambio ambiental en los ecosistemas. Estas áreas, que incluyen parques nacionales, reservas naturales, santuarios de fauna, territorios indígenas y predios de conservación privada, cumplen funciones ecológicas críticas al salvaguardar hábitats esenciales para la supervivencia de especies que presentan requerimientos ecológicos específicos y alta sensibilidad a la alteración del entorno (Watson et al., 2014). Al proteger espacios en ecosistemas altamente diversos, se conservan y mantienen procesos ecológicos fundamentales como la sucesión vegetal, la regulación hídrica y la dispersión de semillas, los cuales son imprescindibles para la estabilidad ecológica a largo plazo.

Además de su relevancia ecológica, estas áreas garantizan la continuidad de servicios ecosistémicos vitales como el suministro de agua, la regulación climática, la protección

frente a desastres naturales y la generación de oportunidades económicas sostenibles, por ejemplo, mediante el ecoturismo (MEA, 2005). No obstante, la sola designación legal de un área protegida no garantiza su éxito; es indispensable implementar esquemas de gobernanza participativa, planes de manejo adaptativo y programas de monitoreo sistemático que permitan hacer seguimiento a su desempeño ecológico y social, y responder adecuadamente ante amenazas emergentes (Geldmann et al., 2013; Ostrom, 2009).

Dado lo anterior, la Alcaldía de Quimbaya, en el marco de sus prioridades ambientales, ha designado los predios Cajones y Quimbaya ubicados en el municipio de Filandia, Quindío, como áreas de importancia estratégica para la conservación. Estos predios, localizados en el corredor biogeográfico andino, albergan una importante riqueza natural y recursos hídricos, y desempeñan un papel central en la conectividad ecológica de los Andes centrales. Su proximidad a relictos de bosque andino y su ubicación en paisajes agroforestales heterogéneos los convierte en espacios donde convergen la riqueza natural, el potencial para la restauración y el compromiso local con la conservación, haciéndolos sitios prioritarios para el monitoreo y la investigación sobre biodiversidad.

El monitoreo ecológico en estas áreas se configura como una herramienta esencial para la gestión de los recursos naturales, al proporcionar información precisa y continua sobre el estado de los ecosistemas y sus componentes biológicos. A través de metodologías estandarizadas, permite identificar cambios temporales y espaciales en la estructura y composición de las comunidades, así como identificar señales tempranas de degradación, pérdida de especies o alteraciones en los procesos ecológicos clave (Yoccoz et al., 2001). Este tipo de información es fundamental no sólo para evaluar la efectividad de las estrategias de conservación implementadas, sino también para ajustar decisiones de manejo en función de nuevas amenazas o condiciones cambiantes, como las derivadas del cambio climático, la expansión de especies invasoras o la presión antropogénica creciente.

Complementariamente, la caracterización de la biodiversidad permite una comprensión más profunda de las dinámicas ecológicas y de las respuestas de las especies y comunidades ante gradientes ambientales o a perturbaciones tanto naturales como inducidas por el ser humano (Noss, 1990). Esta información resulta crítica para establecer líneas base ecológicas, contra las cuales pueden medirse cambios futuros, y para diseñar indicadores de integridad ecosistémica que orienten las intervenciones de manejo y restauración.

En este marco, los insectos se han consolidado como uno de los grupos bioindicadores más eficaces para evaluar el estado de los ecosistemas. Representan el grupo taxonómico más diverso del planeta, con una extraordinaria variabilidad morfológica,

funcional y ecológica, lo que les permite ocupar prácticamente todos los nichos disponibles en los ecosistemas terrestres y acuáticos. Esta diversidad, sumada a su alta sensibilidad a las alteraciones ambientales, los convierte en organismos centinela particularmente adecuados para el monitoreo de la integridad ecológica (Gerlach et al., 2013). La capacidad de los insectos para responder de manera rápida, específica y cuantificable a cambios microambientales, tales como variaciones en la temperatura, humedad, disponibilidad de recursos o estructura del hábitat, permite detectar perturbaciones ecológicas que podrían pasar desapercibidas con otros grupos faunísticos de mayor movilidad o menor abundancia relativa (McGeoch, 1998; Rosenberg et al., 1986).

Además de su valor como bioindicadores, los insectos desempeñan funciones ecológicas fundamentales en el mantenimiento y regulación de los ecosistemas. Participan activamente en la polinización de especies vegetales silvestres y cultivadas, favoreciendo la reproducción de plantas y la producción de alimentos; contribuyen a la descomposición de materia orgánica, acelerando los ciclos biogeoquímicos; intervienen en el control natural de poblaciones de otros organismos, incluyendo plagas agrícolas y vectores de enfermedades; y facilitan el reciclaje de nutrientes esenciales para la fertilidad del suelo (Losey & Vaughan, 2006). La interrupción de estas funciones debido a la pérdida de insectos puede tener consecuencias ecológicas en cascada, afectando no solo la biodiversidad asociada, sino también los servicios ecosistémicos de los cuales dependen las poblaciones humanas.

Frente a estas consideraciones, el monitoreo sistemático de las comunidades de insectos en áreas de conservación no solo permite evaluar su eficacia como herramientas de protección de la biodiversidad, sino que también ofrece insumos científicos clave para orientar acciones de manejo adaptativo, restauración ecológica y planificación del uso del territorio. Por ende, integrar a los insectos en los programas de caracterización y monitoreo fortalece la capacidad de detección temprana de impactos ambientales, mejora la resolución espacial y temporal del monitoreo, y permite una comprensión más detallada de las interacciones ecológicas que sustentan la resiliencia ecosistémica. En este sentido, los insectos no deben ser considerados únicamente como componentes de la biodiversidad a conservar, sino como aliados estratégicos en la planificación y gestión de territorios sostenibles.

JUSTIFICACIÓN

La creciente transformación de los ecosistemas tropicales, especialmente en regiones de alta biodiversidad como los Andes centrales, plantea desafíos urgentes para su conservación efectiva. Frente a este panorama, las áreas de conservación, tanto públicas como privadas, se configuran como espacios clave para proteger hábitats estratégicos, mantener procesos ecológicos esenciales y preservar la biodiversidad nativa. Sin embargo, su eficacia depende en gran medida de una comprensión profunda de la composición y dinámica de sus comunidades biológicas, así como del monitoreo constante de sus condiciones ecológicas.

Por ende, el establecimiento de esquemas de seguimiento sistemático se convierte en una prioridad para diagnosticar el estado de conservación y orientar decisiones de manejo fundamentadas en evidencia. En este contexto, los insectos se destacan como indicadores biológicos altamente sensibles y eficientes, capaces de reflejar cambios en la calidad del hábitat, la conectividad ecológica y la presión antrópica. Su extraordinaria diversidad taxonómica y funcional, junto con su papel protagónico en funciones ecosistémicas clave, los posiciona como herramientas valiosas para la evaluación integral de la integridad ecológica.

Los predios Cajones y Quimbaya, ubicados en Filandia, Quindío, constituyen un ejemplo representativo de iniciativas locales orientadas a la conservación de áreas estratégicas tanto de biodiversidad como de servicios ecosistémicos importantes como el recurso hídrico. No obstante, su cercanía a zonas con alta presión antrópica y su ubicación dentro de un corredor biogeográfico estratégico exigen una línea base robusta que permita entender el estado actual de su biodiversidad y detectar posibles signos de degradación o transformación. Este vacío de información dificulta la implementación de medidas adaptativas eficaces y limita la capacidad de respuesta ante amenazas emergentes.

Dado lo anterior, el presente estudio adquiere relevancia al aportar conocimiento actualizado sobre la diversidad de insectos en estos predios, integrando enfoques taxonómicos y ecológicos que permitirán identificar patrones de distribución, posibles bioindicadores y funciones clave en los ecosistemas evaluados. Además, sus resultados contribuirán a fortalecer las capacidades locales en monitoreo participativo, manejo adaptativo y planificación territorial basada en criterios ecológicos. Así, más allá de su valor académico, esta investigación busca incidir directamente en la consolidación de estrategias de conservación sostenibles, sensibles al contexto regional y fundamentadas en datos científicos confiables.

MARCO CONCEPTUAL

Ecosistemas neotropicales y su relevancia ecológica

Los ecosistemas neotropicales se distinguen por su elevada complejidad estructural y funcional, así como por su riqueza biológica. Comprenden una alta diversidad de formaciones vegetales, como bosques húmedos, bosques montanos, sabanas y ecosistemas de transición, que sostienen una amplia variedad de especies, muchas de ellas endémicas. Esta región, que abarca desde el sur de México hasta el norte de Argentina, constituye uno de los principales reservorios de biodiversidad del planeta (Mittermeier et al., 2003). Su importancia no solo radica en la variedad de especies que alberga, sino también en los servicios ecosistémicos que provee, entre ellos la regulación climática, el control hidrológico, la provisión de alimentos y materiales, y la estabilidad de los ciclos biogeoquímicos (MEA, 2005).

Servicios ecosistémicos y función ecológica de los insectos

Dentro de estos ecosistemas, los insectos cumplen funciones ecológicas fundamentales. Participan activamente en la polinización, el reciclaje de nutrientes, la descomposición de materia orgánica y el control biológico natural (Losey & Vaughan, 2006). Estas funciones no solo sostienen las dinámicas internas de los ecosistemas, sino que también tienen implicaciones directas en actividades humanas, como la agricultura y la gestión de recursos naturales. La pérdida de insectos, por lo tanto, puede desencadenar efectos en cascada que comprometen tanto la biodiversidad como los servicios ecosistémicos esenciales (Díaz et al., 2006; Cardinale et al., 2012).

Biodiversidad y amenazas a los ecosistemas tropicales

A pesar de su riqueza, los ecosistemas tropicales están entre los más amenazados del planeta. La deforestación, la expansión agropecuaria, la urbanización descontrolada, la contaminación y el cambio climático han generado una fragmentación del hábitat sin precedentes, disminuyendo la conectividad ecológica y reduciendo drásticamente la viabilidad de muchas poblaciones (Gibson et al., 2011; IPBES, 2019). Estos procesos han contribuido a una acelerada pérdida de biodiversidad, afectando no solo a especies emblemáticas, sino también a aquellas con roles ecológicos críticos. La degradación de hábitats y la alteración de las condiciones microambientales comprometen la estabilidad de las comunidades biológicas y reducen la capacidad de los ecosistemas para resistir y recuperarse frente a perturbaciones (Oliver et al., 2015).

Áreas de conservación y monitoreo ecológico

En este escenario, las áreas de conservación, tanto públicas como privadas, se consolidan como estrategias clave para la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados. Estas áreas no solo funcionan como refugios para especies

amenazadas, sino que también mantienen procesos ecológicos esenciales, fomentan la conectividad paisajística y sirven como laboratorios naturales para el estudio de la ecología y la conservación (Watson et al., 2014). No obstante, la sola designación de un área como protegida no garantiza su efectividad. La implementación de programas de monitoreo ecológico es indispensable para evaluar el estado de conservación, detectar amenazas emergentes y tomar decisiones de manejo informadas (Yoccoz et al., 2001).

Importancia de los insectos como herramienta de evaluación ecológica

Los insectos han demostrado ser indicadores sensibles y costo-efectivos para el monitoreo ambiental. Su alta diversidad, especificidad de hábitat, ciclos de vida cortos y estrecha relación con las condiciones microambientales permiten detectar con precisión cambios ecológicos, tanto naturales como inducidos por el ser humano (McGeoch, 1998; Rosenberg et al., 1986). Además, a diferencia de grupos más conspicuos como mamíferos o aves, los insectos responden rápidamente a perturbaciones, lo que permite identificar señales tempranas de degradación ecosistémica. Por estas razones, la caracterización de comunidades de insectos representa una aproximación integral y eficaz para evaluar la calidad ecológica de los ecosistemas conservados.

Técnicas de muestreo y análisis de diversidad

El estudio de la diversidad de insectos requiere el uso de métodos de muestreo estandarizados, que permitan capturar la mayor representatividad posible de las comunidades presentes en un área determinada. Técnicas como trampas Malaise, trampas de caída (pitfall traps), tamizado de hojarasca, redes entomológicas y trampas de luz son comúnmente utilizadas para recolectar insectos de diferentes hábitos y gremios ecológicos (Southwood & Henderson, 2000). El análisis de la riqueza, abundancia y diversidad (alfa y beta) permite establecer patrones ecológicos relevantes y realizar comparaciones entre coberturas vegetales, gradientes altitudinales o condiciones de perturbación.

Relevancia del estudio en Filandia, Quindío

El municipio de Filandia, ubicado en la región del Eje Cafetero, hace parte de un mosaico de paisajes andinos de gran importancia biológica y socio-ambiental. Los predios de conservación Cajones y Quimbaya se sitúan dentro de este contexto, representando relictos de vegetación secundaria y remanentes de bosque con alto potencial para la conservación. El estudio propuesto, orientado a la caracterización de la diversidad y composición de insectos en estos predios, contribuirá no sólo al conocimiento científico regional, sino también a la formulación de estrategias de conservación más eficaces y adaptadas a las condiciones locales. Asimismo, permitirá identificar posibles especies indicadoras o de interés para la conservación, que podrían ser integradas en futuros programas de monitoreo a largo plazo.

MARCO LEGAL

La Constitución Política Colombiana de 1991, es resultado del ejercicio del poder soberano del pueblo colombiano. En esta se estipula principios generales relacionados directamente con lo ambiental, buscando la consolidación de los recursos naturales, como fundamentales para el desarrollo económico de la nación, resaltando la importancia de la consideración, manejo y conservación del medio ambiente y de los recursos que provee a través de los siguientes artículos.

MARCO CONSTITUCIONAL		
Artículo	**Comentario**	**Relación con AIECRH**
Artículo 2	Fin esencial del Estado: servir a la comunidad y prosperidad general.	Base para función ecológica y servicio público de agua.
Artículo 8	Protección de riquezas naturales y culturales.	Mandato general de conservación.
Artículo 58	Función social y ecológica de la propiedad.	Permite adquisición de AIECRH por utilidad pública.
Artículo 70	Fomento a ciencia y tecnología en planes de desarrollo.	Respaldar investigación en cuencas.
Artículo 79	Derecho a un ambiente sano y participación ciudadana.	Justifica consultas en compra de predios.
Artículo 80	Planificación y manejo sostenible de recursos naturales.	Marco para PGAR, PORH.
Artículo 311	Competencias municipales en servicios públicos y ordenamiento.	Municipio responsable de proteger fuentes hídricas.
Artículo 313	Concejos dictan normas para patrimonio ecológico.	Base de acuerdos municipales sobre AIECRH.
Artículo 315	Alcalde dirige acción administrativa.	Garantiza ejecución del 1 %.

Normatividad asociada a las metas y actividades propuestas que dan cumplimiento a los principios generales ambientales contenidos en la Constitución Política Colombiana y otras disposiciones.

MARCO LEGAL		
LEYES		
Ley	**Comentario**	**Relación con AIECRH**
Ley 2 de 1959	Economía forestal de la Nación.	Declara Zonas Forestales Protectoras.
Ley 23 de 1973	Facultades para Código de RR.NN.	Prevención y control contaminación.
Ley 99 de 1993	Crea Min Ambiente; art.111 (1 % para AIECRH).	Norma central para compra de predios hídricos.
Ley 115 de 1994	Educación ambiental obligatoria.	Soporta programas de sensibilización.
Ley 164 de 1994	Convención Marco de la ONU Cambio Climático.	Compromisos de adaptación.
Ley 165 de 1994	Convenio Diversidad Biológica.	Conservación in situ.
Ley 388 de 1997	Ordenamiento Territorial.	Integra determinantes ambientales.
Ley 373 de 1997	Programa uso eficiente del agua.	Eficiencia demanda–oferta.
Ley 489 1998	Principio de coordinación interinstitucional.	Facilita convenios CRQ–Municipio.
Ley 629 de 2000	Protocolo de Kyoto.	Mitigación y sumideros hídricos.
Ley 1151 de 2007	PND 2006-2010 (vigencia histórica).	Introdujo metas iniciales de 1 %.
Ley 1333 de 2009	Procedimiento sancionatorio ambiental.	Sanciones por impacto en AIECRH.
Ley 1450 de 2011	PND 2010-2014; art. 210 refuerza art. 111.	Amplía finalidad de compra de áreas.
Ley 1454 de 2011	Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial.	Armoniza POT con determinantes hídricas.
Ley 1523 de 2012	Sistema Nacional de Gestión del Riesgo.	AIECRH como medida de reducción de riesgo hídrico.
Ley 1753 de 2015	PND 2014-2018.	Mantiene inversión en áreas estratégicas.
Ley 1819 de 2016	Impuesto al carbono (20 % restauración).	Financia manejo de predios.

Ley 1844 de 2017	Acuerdo de París.	NDC incorpora protección hídrica.
Ley 1930 de 2018	Gestión integral de páramos.	Prioriza cuencas de páramo proveedoras de agua.
Ley 1931 de 2018	SISCLIMA.	Lineamientos adaptación y PES.
Ley 2056 de 2020	Reforma regalías (regalías verdes).	Recursos para restauración hídrica.
Ley 2111 de 2021	Delitos ambientales.	Tipifica daño a áreas protegidas y fuentes.
Ley 2173 de 2021	Programa Árboles para la Vida.	Obliga restauración de 1 ha por periodo.
Ley 2294 de 2023	PND 2022-2026; Cuota Verde y Azul.	Amplía financiación AIECRH.
DECRETOS		
Decreto	**Comentario**	**Relación con AIECRH**
Decreto/Ley 2811 de 1974	Código Nacional de RR.NN.	Marco general de ambiente.
Decreto 622 de 1977	Sistema de Parques Nacionales.	Categorías de manejo.
Decreto 1449 de 1997	Protección y conservación de suelos.	Obligaciones de propietarios.
Decreto 1681 de 1978	Recursos hidrobiológicos.	Pesca en cuencas.
Decreto 1594 de 1984	Usos del agua y vertimientos.	Calidad hídrica en predios.
Decreto 309 de 2003	Investigación científica sobre biodiversidad.	Permisos en predios.
Decreto 1200 de 2004	Instrumentos de planificación ambiental (PGAR).	Guía a CRQ.
Decreto 1323 de 2007	Sistema de Información Recurso Hídrico (SIRH).	Registra AIECRH.
Decreto 2372 de 2010	Sistema Nacional de Áreas Protegidas.	Categorías y registro.
Decreto 1640 de 2012	Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico.	Zonificación y caudales.
Decreto 0953 de 2013	Reglamenta art.111 Ley 99; obliga partida 1 %.	Ejecución presupuestal.

Decreto 0954 de 2014	Monitoreo de caudal ecológico.	Garantía de abastecimiento.
Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Sector Ambiente.	Integra SINAP artículos.
Decreto 870 de 2017	Pagos por Servicios Ambientales.	Incentivos para conservación.
Decreto 092 de 2017	Contratación con entidades sin ánimo de lucro.	Instrumento para ONG gestionando predios.
Decreto 1007 de 2018	Inversiones art. 108 Ley 99 (mantenimiento predios).	Apoyo técnico CRQ.
Decreto 328 de 2022	Ajusta PES (mod. 870).	Pago por resultados.
RESOLUCIONES		
Resolución	**Comentario**	**Relación con AIECRH**
Resolución 909 de 2008	Parámetros vertimientos a cuerpos de agua.	Calidad hídrica.
Resolución 0192 de 2014	Listado especies amenazadas.	Referencia para restauración.
Resolución 0377 de 2021	Lineamientos planes de restauración ecológica.	Guía técnica en predios.
POLÍTICAS		
Política	**Comentario**	**Relación con AIECRH**
CONPES 3866 de 2016	PNGIRH 2016-2030.	Meta hectáreas AIECRH.
CONPES 4034 de 2021	Política Nacional de PES.	Armoniza con art. 111.
ACUERDOS, PLANES Y/O CONVENIOS		
Acuerdo, Plan y/o Convenio	**Comentario**	**Relación con AIECRH**
Acuerdo 013 de 2000	PBOT Quimbaya; política ambiental hídrica (art.22).	Fundamento compra predios Cajones.
PBOT DRMI ajustes (Acuerdos 012/2007, 030/2011)	Declaratoria DRMI Río Quindío.	Incluye áreas municipales.

Acuerdo 011 de 2019	Sistema Municipal de Áreas Protegidas SIMAP.	Exenciones y actores.
Acuerdo 005 de 2020	Modificación PBOT: zona de protección hídrica.	Alinea con CRQ determinantes.
Plan Desarrollo 2020-23	Quimbaya Mejor para Todos: diagnóstico AIECRH.	Incluye Cajones y Quimbaya.
Plan Manejo Predios Quimbaya-Cajones 2018	Objetivos restauración y monitoreo.	Instrumento operativo.
Convenio coadministración 2022	Gobernación–Alcaldía–CRQ; PES y recursos.	Gestión conjunta de predios.



Figura 1. Paisaje de los predios Cajones-Quimbaya. Autor: José Aníbal González.

OBJETIVO DEL CONVENIO

Aunar esfuerzos técnicos, administrativos, operativos y financieros para el incremento, sostenibilidad y conocimiento de la oferta ambiental de las Áreas de Conservación y Manejo del municipio de Quimbaya.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la diversidad y composición de insectos presentes en los predios de conservación Cajones y Quimbaya en el municipio de Filandia, Quindío.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar diferentes técnicas de muestreo para el registro de insectos en los predios de conservación Cajones y Quimbaya en el municipio de Filandia, Quindío.

- Determinar la riqueza, abundancia y diversidad de insectos presentes en los predios de conservación Cajones y Quimbaya en el municipio de Filandia, Quindío.

- Comparar la riqueza, abundancia y diversidad de insectos entre las diferentes coberturas vegetales presentes en los predios de conservación Cajones y Quimbaya en el municipio de Filandia, Quindío.

- Identificar posibles especies indicadoras o de interés para la conservación en los predios de conservación Cajones y Quimbaya en el municipio de Filandia, Quindío.

ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es uno de los principales desafíos ambientales, sociales y económicos del siglo XXI, con impactos directos sobre la biodiversidad, el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de servicios ambientales esenciales para el bienestar humano. El aumento sostenido de la temperatura global, los cambios en los patrones de precipitación, el ascenso del nivel del mar y la intensificación de eventos climáticos extremos están reconfigurando profundamente la estructura y dinámica de los sistemas naturales (IPCC, 2022). Estos efectos se manifiestan con mayor intensidad en regiones montañosas como la cordillera Central colombiana, donde la alta heterogeneidad topográfica, los microclimas variables y el elevado endemismo ecológico hacen que estos territorios sean especialmente sensibles a las transformaciones climáticas (Anderson et al., 2011).

Dado lo anterior, resulta urgente implementar acciones de monitoreo ecológico, conservación y adaptación territorial, particularmente en áreas estratégicas como los predios Cajones y Quimbaya en el municipio de Filandia (Quindío), los cuales forman parte de corredores biológicos clave para la conectividad ecosistémica andina. Estas acciones deben integrarse en marcos de gobernanza ambiental que reconozcan tanto el valor ecológico como el rol de estas áreas en la mitigación y adaptación al cambio climático.

En este sentido, el proyecto se enmarca en los compromisos asumidos por Colombia en diversos instrumentos internacionales. Entre ellos destaca el Acuerdo de París (2015), que compromete a los países firmantes a limitar el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 °C y a fortalecer la resiliencia mediante acciones de adaptación basadas en el conocimiento científico, la conservación de ecosistemas y el desarrollo sostenible (UNFCCC, 2015). El Artículo 7 de este acuerdo subraya la importancia del monitoreo y la generación de datos científicos para informar decisiones de adaptación eficaces.

Asimismo, el proyecto se alinea con el Marco Global de Biodiversidad Kunming-Montreal (2022), adoptado en la COP15 del Convenio sobre la Diversidad Biológica, cuyo objetivo central es detener y revertir la pérdida de biodiversidad para 2030. Entre sus metas prioritarias se encuentra el fortalecimiento de sistemas de monitoreo biológico, la restauración de ecosistemas y el incremento de áreas conservadas y gestionadas de forma efectiva.

A nivel regional y continental, el proyecto también contribuye a los lineamientos de la Estrategia Regional de Biodiversidad Andina (CAN, 2021), la cual reconoce la alta vulnerabilidad climática de los ecosistemas montanos andinos y promueve la

investigación aplicada, el monitoreo transfronterizo y la articulación de conocimientos tradicionales y científicos para afrontar la crisis climática. En el plano nacional, se integra con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) de Colombia, actualizadas en 2020, que incorporan la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como pilares clave para la adaptación climática. Estas NDC reconocen explícitamente que los ecosistemas naturales, incluidas las áreas privadas de conservación, actúan como barreras naturales que amortiguan los efectos del cambio climático y garantizan resiliencia social y ambiental.

Por otra parte, el proyecto también responde a la implementación de la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) y la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), que promueven el fortalecimiento de acciones territoriales de monitoreo, restauración y uso sostenible de la biodiversidad en un contexto de cambio global. En conjunto, estas políticas y acuerdos reconocen que enfrentar los efectos del cambio climático exige no solo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también conservar y gestionar de manera adaptativa los ecosistemas que sustentan la vida.

Por ende, este proyecto representa una contribución concreta al cumplimiento de los compromisos ambientales de Colombia en distintos niveles de gobernanza, mediante la generación de información técnica, el fortalecimiento de capacidades locales y el diseño de estrategias de adaptación ecológica que respondan a los desafíos actuales y futuros del cambio climático.

DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS

Los predios Cajones y Quimbaya forman parte de las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico. Están ubicados en la vereda Fachadas, en el municipio de Filandia. Espacialmente, el predio limita al norte con la coordenada 4°39'59.84"N, al sur con 4°39'40.09"N, al este con -75°40'16.72"O, y al oeste con -75°40'42.41"O. El predio Quimbaya tiene un área de 13.142 ha, el predio Cajones tiene un área de 11.281 ha, en total el área presenta una extensión de 24.423 ha. Estas áreas están destinadas exclusivamente a la preservación de los recursos naturales, en especial el agua, y provee valiosos servicios ecosistémicos como la regulación del clima, del ciclo hidrológico y de los suelos, así como el aprovisionamiento del recurso hídrico para el municipio de Quimbaya. La cobertura vegetal predominante corresponde a guaduales, seguida por bosque secundario, áreas reforestadas y pastos enmalezados (**Figura 2**).

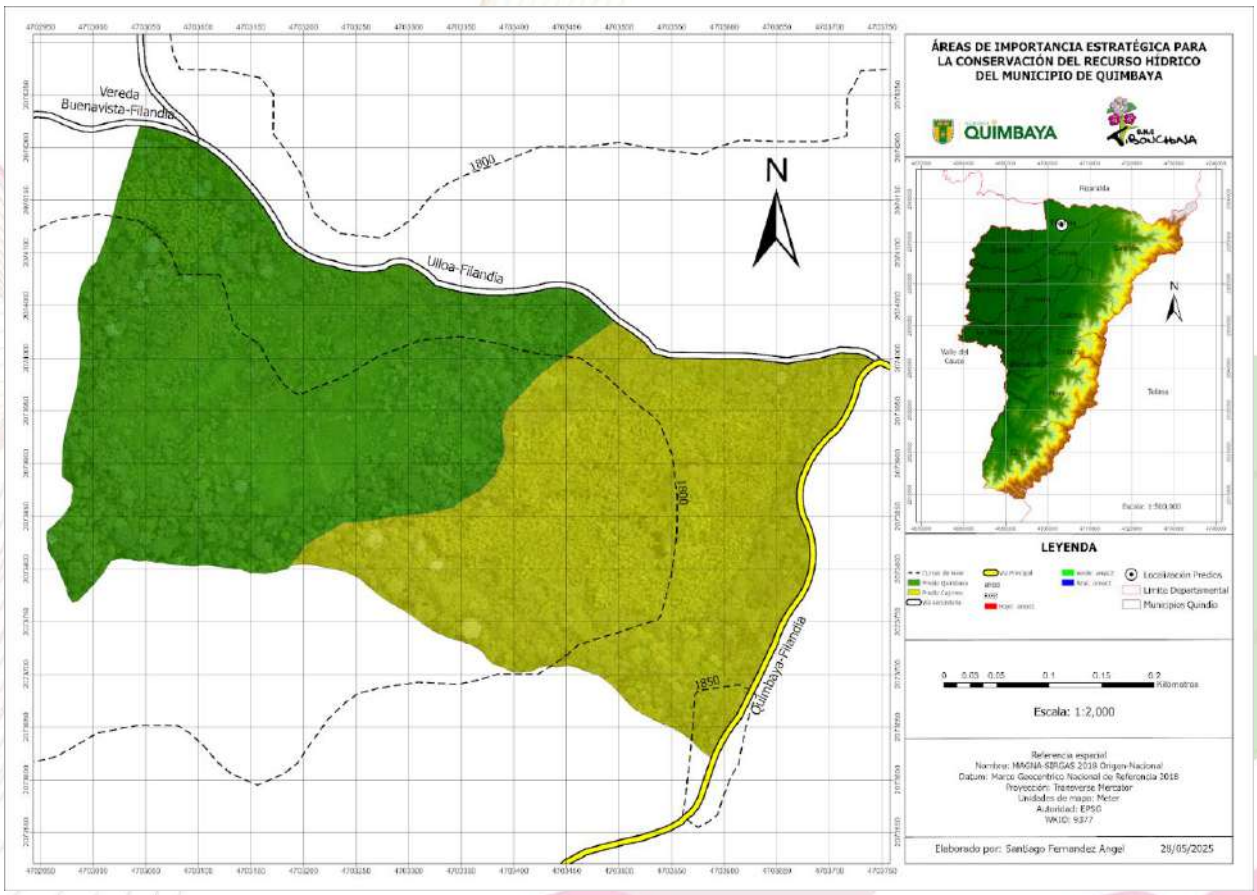


Figura 2. Mapa de localización de los predios Cajones y Quimbaya.

El relieve del área presenta un pendiente promedio del 47,11 % (equivalente a aproximadamente 25,25°), determinada a partir de una diferencia altitudinal de 375 metros entre los puntos más bajo (1478 m s. n. m.) y más alto (1853 m s. n. m.), a lo largo de una distancia horizontal de 796 metros, lo que evidencia una topografía fuertemente inclinada, típica de zonas de recarga hídrica en ecosistemas andinos.

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge adaptada para Colombia, el ecosistema presente en los predios Cajones y Quimbaya corresponde a un Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB) (**Figura 3**). Esta zona de vida se caracteriza por ubicarse entre los 1000 y 2000 m s. n. m., con una precipitación anual superior a los 2000 mm y temperaturas medias entre 12 y 18 °C. Estas condiciones favorecen una alta diversidad biológica y funcional, siendo un ecosistema clave para la regulación hídrica, la protección del suelo y el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales en la región andina. La vegetación predominante, como guaduales y bosques secundarios, es coherente con esta zona de vida, que suele presentar una alta productividad biológica y ser prioritaria para acciones de conservación y restauración ecológica.



Figura 3. Ecosistema de Bosque Húmedo Montano Bajo presente en los predios Cajones-Quimbaya.

COBERTURAS VEGETALES

En el área de estudio se identifican cinco (5) coberturas vegetales principales. Cuatro de ellas corresponden a las tipologías establecidas en la metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia, la cual permite una clasificación estandarizada del territorio con base en características estructurales y funcionales de la vegetación. Estas coberturas son: bosque ripario, bosque abierto, herbazal y helechal. La quinta cobertura, aunque no está incluida dentro de la clasificación oficial del *Corine Land Cover*, corresponde a guadual, una formación vegetal predominada por especies del género *Guadua*, cuya presencia es significativa tanto ecológica como culturalmente en la región andina, particularmente en el departamento del Quindío, donde forma parte del paisaje tradicional del Paisaje Cultural Cafetero Colombiano (PCCC) (**Figura 4**).

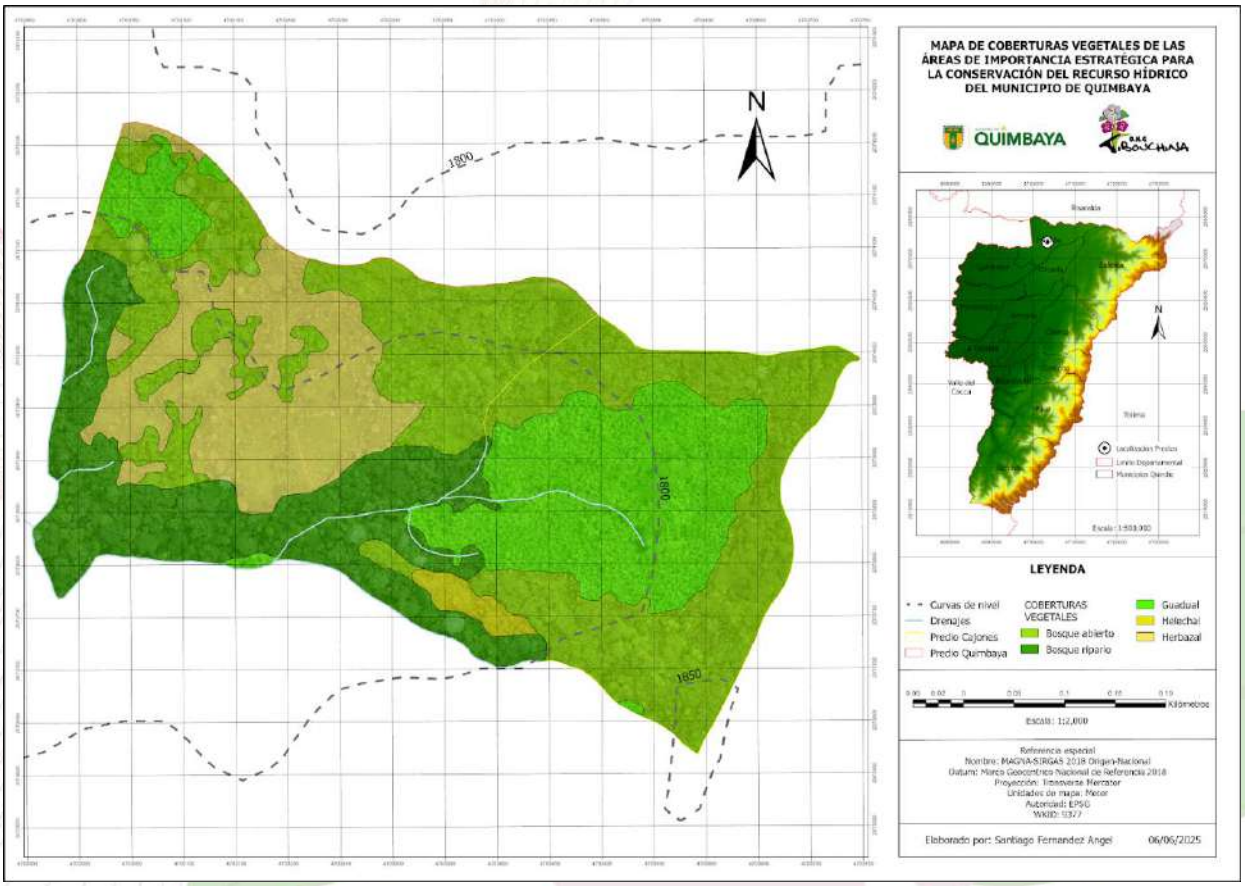


Figura 4. Mapa de coberturas de vegetales de los predios Cajones y Quimbaya.

Las coberturas vegetales fueron clasificadas y cuantificadas mediante análisis SIG, con los siguientes resultados ordenados de mayor a menor extensión:

1. Bosque abierto: Esta cobertura corresponde a formaciones arbóreas con copas abiertas, cuya densidad foliar es inferior al 70%, lo que permite una mayor penetración de luz al sotobosque. Generalmente, estas áreas se asocian a bosques secundarios, en procesos de regeneración natural o con grados variables de intervención antrópica. Su valor ecológico es alto, ya que funcionan como hábitat para diversas especies de fauna, actúan como corredores biológicos y mantienen importantes reservas de biodiversidad. En el área de estudio, la presencia de bosque abierto obedece, en gran medida, a procesos continuos de restauración ecológica implementados por la administración municipal desde la adquisición de los predios, lo que evidencia una recuperación progresiva de la cobertura forestal y sus funciones ecosistémicas (**Figura 5**).



Figura 5. Toma aérea del Bosque Abierto.

2. Guadual: Aunque el guadual no está incluido formalmente en la metodología *Corine Land Cover*, se trata de una formación vegetal relevante y distintiva del paisaje del Quindío, compuesta principalmente por especies del género *Guadua*. Los guaduales desempeñan un papel fundamental en la prestación de servicios ecosistémicos como la estabilización de taludes, la regulación del régimen hídrico, la captura de carbono y la provisión de materiales renovables. Además, representan un componente clave de la identidad cultural y de la arquitectura tradicional en el contexto del Paisaje Cultural Cafetero (PCC). En los predios analizados, los guaduales crecen en forma de colonias, con una distribución expansiva desde la adquisición de los terrenos. No obstante, en su interior se observa el establecimiento natural de especies arbóreas que, con el tiempo, podrían superar en altura y densidad a la guadua, promoviendo un control natural de su propagación y una transición hacia formaciones forestales más complejas (**Figura 6**).



Figura 6. Toma aérea del Guadual.

3. Bosque ripario: Ubicado a lo largo de los márgenes de la red hídrica, el bosque ripario constituye un corredor ecológico de gran importancia para la conectividad del paisaje, la conservación de cuencas hidrográficas y la regulación natural de eventos como inundaciones y erosión. Esta cobertura incluye especies vegetales propias de los ecosistemas de bosque montano húmedo, siendo el *yarumo blanco* (*Cecropia telenitida*) una de las especies más representativas. En este caso particular, el bosque ripario se encuentra asociado al área de ronda y acotamiento de la quebrada Buenavista, presentando características de bosque secundario en proceso de maduración, lo cual refuerza su rol como zona de protección ambiental y refugio de biodiversidad (**Figura 7**).



Figura 7. Toma aérea del Bosque Ripario.

4. Herbazal: El herbazal está conformado por formaciones vegetales dominadas por gramíneas y otras especies herbáceas, típicamente localizadas en áreas con antecedentes de uso agropecuario, pastoreo o abandono de cultivos. Estas zonas representan fases tempranas de sucesión ecológica y pueden actuar como reservorios de regeneración vegetal si se les permite evolucionar naturalmente. En el área de estudio, los herbazales presentan un claro predominio del pasto imperial (*Axonopus scoparius*) y algunas especies arbóreas dispersas, que indican un potencial para procesos de revegetalización asistida. Esta cobertura requiere intervenciones específicas de restauración, orientadas al establecimiento de especies forestales nativas que refuercen las funciones ecológicas del ecosistema y mejoren su conectividad (**Figura 8**).



Figura 8. Toma aérea del Herbazal.

5. Helechal: Esta cobertura, aunque de reducida extensión, está conformada por helechos que prosperan en ambientes con alta humedad relativa y sombra constante. Los helechales pueden actuar como microhábitats para fauna especializada y constituyen indicadores ecológicos de condiciones edáficas específicas. Sin embargo, en el área de estudio, la densidad excesiva de esta vegetación puede limitar la regeneración natural de otras especies, debido a la escasa entrada de luz y competencia por nutrientes. Por tanto, se recomienda realizar acciones de manejo ecológico que favorezcan la diversificación estructural del sotobosque y permitan la germinación y establecimiento de especies leñosas nativas que enriquezcan la cobertura vegetal (**Figura 9**).



Figura 9. Toma aérea del Helechal.

Este análisis permite caracterizar la estructura del paisaje y sirve como insumo técnico fundamental para procesos de planificación territorial, conservación de ecosistemas y definición de estrategias de manejo sostenible del suelo y la vegetación.

METODOLOGÍA UTILIZADA PARA REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO EN LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN

Diseño de muestreo

Para tener un muestreo representativo de insectos en los predios Cajones y Quimbaya, se identificaron como unidades de muestreo a las coberturas vegetales predominantes del área de estudio. En este sentido, se seleccionaron los tres tipos principales de coberturas: Bosque abierto, Guadual y Bosque ripario. En cada tipo de cobertura se establecieron tres parcelas distribuidas aleatoriamente, con una distancia mínima entre parcela de 100 metros para asegurar independencia de los datos (**Figura 10** ,**Tabla 1**). Cada parcela abarcó un área de 20 x 20 metros (400 m²), dentro de la cual se implementaron diferentes métodos de identificación y registro en campo estandarizados (Medina-Gaud, 1977; Luna, 2005; Abós-Castel, 2009; Gibb & Oseto, 2010; Kumar et al., 2022), descritos a continuación:

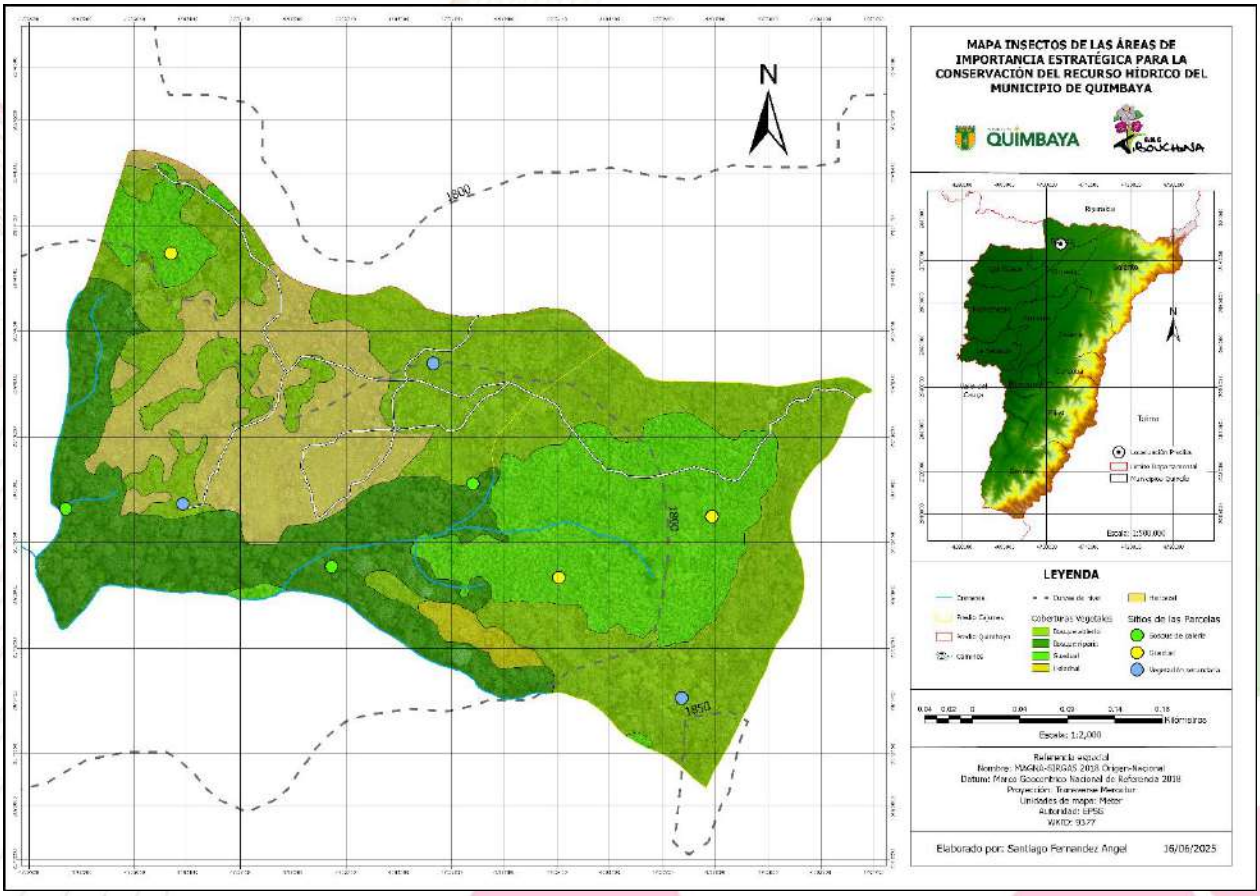


Figura 10. Área de estudio y sitios de muestreo en los predios Cajones y Quimbaya. Los círculos azules representan las parcelas de Bosque abierto, los círculos amarillos representan las parcelas del Guadual y los círculos verdes representan las parcelas de Bosque ripario.

Tabla 1. Coordenadas y códigos de parcelas ubicadas en los predios Cajones y Quimbaya.

Cobertura vegetal	Código parcela	Longitud	Latitud	Elevación (ms.n.m)
Bosque abierto	BA1	-75°40'22.2"O	4°39'43.0"N	1837
Bosque abierto	BA2	-75°40'37.6"O	4°39'49.0"N	1789
Bosque abierto	BA3	-75°40'29.9"O	4°39'53.3"N	1804
Guadual	GUA1	-75°40'21.5"O	4°39'49.1"N	1809
Guadual	GUA2	-75°40'38.0"O	4°39'56.7"N	1796
Guadual	GUA3	-75°40'26.0"O	4°39'46.7"N	1788
Bosque ripario	BR1	-75°40'28.7"O	4°39'49.6"N	1781
Bosque ripario	BR2	-75°40'33.0"O	4°39'47.0"N	1776
Bosque ripario	BR3	-75°40'41.2"O	4°39'48.8"N	1764

- **Trampas de caída:** Para insectos terrestres o que forrajean en el suelo (descomponedores, depredadores, etc.), se instalaron 4 trampas de caída por parcela (**Figura 11**), ubicadas en cada esquina de la parcela. Cada trampa consistió en un vaso plástico (300-500 mililitros) enterrado a ras de suelo, estas trampas permanecieron activas durante 24 horas.

- **Trampas Van Someren-Rydon:** Para insectos polinizadores (Diptera, Lepidoptera, etc.) se instaló una trampa Van Someren-Rydon por parcela (**Figura 12**), la trampa estuvo suspendida entre 2 y 5 metros sobre el nivel del suelo. Cada trampa se cebó con una mezcla de frutas fermentadas como atrayente y se mantuvo activa por 24 horas.

- **Trampa de olor:** Para insectos polinizadores (Hymenoptera) se instaló en cada parcela una trampa de olor (**Figura 13**), la cual consistió en una botella plástica con orificios laterales para permitir el ingreso de insectos. En el interior de la botella, se colocaron dos atrayentes en la parte superior, salicilato de metilo y eucaliptol. Cada trampa estuvo suspendida entre 2 y 5 metros de altura, con un tiempo de exposición de 24 horas.

- **Red entomológica:** Para de insectos voladores y de sotobosque se empleó una red entomológica (**Figura 14**), la cual consistió en una red de entre 30 y 40 centímetros de diámetro, con la cual se realizaron recorridos dentro de cada parcela para la captura activa de insectos (30 minutos por parcela).

- **Colecta manual:** Para el registro de insectos forrajeadores o de difícil captura mediante otros métodos, se realizaron recorridos libres durante 30 minutos por

parcela, entre las 8:00 a. m. y las 11:00 a. m., cuando se presentan los mayores picos de actividad entomológica (**Figura 15**).



Figura 11. Trampas de caída.



Figura 12. Trampas Van Someren-Rydon.



Figura 13. Trampa de olor.



Figura 14. Red entomológica.



Figura 15. Colecta manual.

Fase de identificación

Todos los insectos fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible (familia, género o especie), según la disponibilidad de literatura especializada. Para este proceso se utilizaron claves taxonómicas, guías regionales y bibliografía científica específica para cada grupo entomológico (Navarrete-Heredia et al., 2002; Forero, 2008; Fernández & Sharkey, 2006; Romero-Alarcón & Méndez, 2008; Medina et al., 2012; Martínez, 2017; Fernández et al., 2019; Huertas et al., 2022; Garwood et al., 2022; Garwood & Jaramillo, 2024). La observación detallada se llevó a cabo con el apoyo de un estereoscopio, lo que permitió realizar una clasificación precisa y documentada de los especímenes.

Análisis de datos

Diversidad alfa

Para analizar la diversidad de las comunidades de insectos registradas en las coberturas muestreadas en los predios Cajones y Quimbaya, se organizaron matrices de abundancia y presencia/ausencia por tipo de cobertura vegetal y réplica. La diversidad alfa para cada cobertura muestreada se evaluó mediante el cálculo del número efectivo de especies (^{q}D), un enfoque basado en tres órdenes de diversidad o números de Hill (q = 0, 1 y 2) (Hill, 1973; Jost, 2006; 2007). Este enfoque tiene en cuenta la influencia de la abundancia relativa de las especies en los valores de diversidad. Cuando el exponente q = 0, es decir, ^{0}D, los cálculos son insensibles a la abundancia de las especies y el resultado es equivalente al número de especies (riqueza de especies). Cuando q = 1, ^{1}D, o diversidad de especies igualmente comunes, los análisis dan mayor peso a las especies comunes y se obtiene un cálculo correspondiente al exponencial del índice de Shannon. Cuando q = 2, ^{2}D, o diversidad de especies dominantes, el resultado refleja principalmente las especies más abundantes, por lo que el cálculo es equivalente al inverso del índice de Simpson (Jost, 2006; 2007).

Los valores de diversidad entre las coberturas vegetales muestreada se compararon en función de la misma cobertura de muestreo (Cm) con el objetivo de evaluar que cobertura presenta la mayor diversidad de insectos. La cobertura de muestreo permite medir la integridad del inventario de insectos en todo el estudio, esta cobertura varía entre cero (mínima completitud) y uno (máxima completitud) (Jost, 2006, Chao & Jost, 2012). La ventaja de la cobertura de muestreo es que permite realizar comparaciones en función de una misma proporción de la comunidad (misma cobertura) y no de un tamaño igual de la muestra, por lo tanto, al expresar la diversidad como el número efectivo de especies y comparar en la misma cobertura de muestreo, se cumple el principio de replicación y es

posible calcular la magnitud de la diferencia de diversidad entre comunidades (Jost, 2006; Chao & Jost, 2012; Chao et al., 2020).

Se usó el IC (intervalos de confianza) al 95% en cada expresión de diversidad (^{0}D, ^{1}D, ^{2}D) como criterio estadístico, en el que la ausencia de solapamiento entre los IC indica diferencias significativas entre los valores de diversidad (Chao et al., 2020). Dichos análisis se hicieron con el paquete "iNEXT" (Hsieh et al., 2016) en el programa Rstudio®, versión 4.2.0 (RStudio Team, 2022).

Diversidad beta

Para comparar la diversidad beta o composición de especies de insectos entre las coberturas muestreadas en los predios Cajones y Quimbaya, se realizó un Análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) basado sobre una matriz de disimilitud Bray-Curtis de los datos de abundancia. Complementariamente, se realizó un Análisis Multivariado de Permutación de Varianza (PERMANOVA) con 999 interacciones de la matriz Bray-Curtis para evaluar diferencias significativas en la composición de especies entre tipos de cobertura vegetal (Anderson, 2014). Los análisis NMDS y PERMANOVA se realizaron con el paquete "vegan" del programa Rstudio (Oksanen et al., 2007).

Especies indicadoras

Finalmente, se aplicó un Análisis de Especies Indicadoras (IndVal) (Dufrêne & Legendre, 1997; De Cáceres et al., 2010) para identificar especies indicadoras asociadas a cada tipo de cobertura vegetal. Este análisis combina la frecuencia de ocurrencia y la exclusividad de cada especie en un hábitat determinado, la significancia del modelo se evaluó mediante una prueba de permutación (n = 999). Las especies con valores indicativos significativos ($p < 0.05$) fueron consideradas indicadoras diagnósticas de cada cobertura. Este análisis se realizó en el paquete "labdsv" en el programa Rstudio (Roberts & Roberts, 2016).

RESULTADOS

En los predios de conservación Cajones y Quimbaya se registró un total de 795 individuos pertenecientes a 11 órdenes, 43 familias y 110 especies de insectos (**Tabla 2**). Los órdenes con mayor riqueza y abundancia fuero Hymenoptera (37 spp., 446 ind.), Lepidoptera (23 spp., 123 ind.), Coleoptera (23 spp., 75 ind.) y Diptera (9 spp., 93 ind.), mientras que Dermaptera, Phasmatodea y Matodea fueron los órdenes con menor representación en los predios (**Figura 16**). En cuanto a las familias registradas Formicidae (20 spp., 369 ind.), Nymphalidae (16 spp., 101 ind.), Apidae (9 spp., 57 ind.) y Curculionidae (7 spp., 27 ind.) fueron las que presentaron la mayor cantidad de especies y abundancia (**Figura 17**). *Pheidole* sp.1 fue la especie más abundante (209 ind.) en los predios de conservación seguido por *Drosophila* sp. (46 ind.), *Neoponera aenescens* (37 ind.), y *Linepithema piliferum* (27 ind.) (**Figura 18**).

Tabla 2. Listado y abundancia de insectos registrados en los predios Cajones y Quimbaya.

Orden	Familia	Especie	Coberturas			Total
			Bosque abierto	Guadual	Bosque ripario	
Blattodea	Blattidae	Blattidae sp.	1	1	1	3
	Ectobiidae	*Euphyllodromia* sp.	1	1	1	3
Coleoptera	Carabidae	*Pseudoxycheila bipustulata*	3	3		6
		Selenophorus sp.1	1		1	2
		Selenophorus sp.2	2			2
	Cerambycidae	Cerambycidae sp.	1			1
	Chrysomelidae	*Cyrtonota moderata*		1		1
		Diabrotica sp.	2		1	3
	Coccinellidae	Coccinellidae sp.	1			1
	Curculionidae	*Compsus* sp.	4		1	5
		Curculionidae sp.1			1	1
		Curculionidae sp.2			1	1
		Curculionidae sp.3	3	5	5	13
		Cylindrocerus loxodontus	1		1	2
		Mimographus sp.	2		1	3
		Pseudorobitis sp.	1		1	2
	Erotylidae	Erotylidae sp.		1		1
	Melolonthidae	*Golofa porteri*	1			1
	Nitidulidae	*Stelidota sp.*	7	6	6	19
	Passalidae	*Passalus* sp.			1	1
	Scarabaeidae	*Canthidium* sp.	1		1	2
		Faula sp.			1	1
	Silphidae	*Oxelytrum discicolle*		1		1
	Staphylinidae	*Chroaptomus flagrans*	2	2		4
		Phanolinus sp.	1		1	2
Dermaptera	Anisolabididae	*Carcinophora americana*	2	1	2	5

Orden	Familia	Especie	Coberturas			Total
			Bosque abierto	Guadual	Bosque ripario	
Diptera	Calliphoridae	*Lucilia* sp.	2	2		4
	Culicidae	*Aedes* sp.	5	4	5	14
	Drosophilidae	*Drosophila* sp.	25	1	11	46
	Sarcophagidae	*Sarcophaga* sp.	1	1		2
	Syrphidae	*Ornidia obesa*	2	1	1	4
		Toxomerus sp.	5	2	3	10
	Tachinidae	*Adejeania* sp.	2		2	4
		Archytas sp.	4	1	3	8
	Tephritidae	*Dyseuaresta* sp.	1			1
Hemiptera	Cercopidae	*Zuata quinquesignata*	1		1	2
	Cicadidae	*Fidicinoides* sp.	2			2
	Coreidae	*Acanthocephala* sp.	1			1
		Hypselonotus interruptus	3		2	5
	Membracidae	*Alchisme* sp.	2		1	3
		Maturnaria ephippigera	2			2
		Polyglypta sp.	3			3
Hymenoptera	Apidae	*Apis mellifera*	5		5	10
		Centris sp.	1		1	2
		Euglossa sp.	2		2	4
		Eulaema sp.	2		2	4
		Paratrigona rinconi	7	1	7	15
		Partamona peckolti	2		4	6
		Tetragonisca angustula	2		1	3
		Trigona amalthea	3		4	7
		Trigona fulvivetris	2		4	6
	Formicidae	*Acromyrmex aspersus*	3		2	5
		Atta cephalotes	5	3	1	18
		Camponotus amoris	1			1
		Cyphomyrmex dixus	1			1
		Cyphomyrmex rimosus	2	1	1	4
		Cyphomyrmex vorticis	4	4	4	12
		Heteroponera monticola			3	3
		Holcoponera bisulca	1	1		2
		Hypoponera sp.		1		1
		Leptogenys quadrata	1			1
		Linepithema piliferum	2	1	4	25
		Neoponera aenescens	5	19	13	37
		Nylanderia steinheili	16	1		17
		Odontomachus erythrocephalus		12		12
		Pachycondyla fuscoatra	1		1	2
		Pheidole sp.1	124	76	9	209
		Pheidole sp.2	3	1	6	10
		Procryptocerus scabriusculus			5	5
		Rasapone ferruginea		1	2	3
		Strumigenys gundlachi	1			1

Orden	Familia	Especie	Coberturas			Total
			Bosque abierto	Guadual	Bosque ripario	
	Halictidae	*Augochloropsis* sp.	1		1	2
		Neocorynura sp.	1			1
	Ichneumonidae	Ichneumonidae sp.1		1		1
		Ichneumonidae sp.2			1	1
	Mutillidae	*Ephuta* sp.	1			1
	Pelecinidae	*Pelecinus polyturator*	1	2	1	4
	Vespidae	*Polybia* sp.	2	1	3	6
		Protopolybia sp.	2	1	1	4
Lepidoptera	Hesperiidae	*Astraptes egregius*	2		1	3
		Callimormus radiola	1		1	2
		Zariaspes mys	3			3
	Nymphalidae	*Anartia amarthea*	7			7
		Corades enyo almo		3		3
		Euptychoides saturnus	6	3	5	14
		Fosterinaria neonympha	7	3	3	13
		Greta andromica			2	2
		Heliconius cydno cydnides	5			5
		Ithomia iphianassa	4		3	7
		Ithomia sp.			1	1
		Oleria makrena caucana			1	1
		Oressinoma typhla	2	1		3
		Oxeoschistus puerta	2	1	2	5
		Parataygetis lineta	2		4	6
		Pareuptychia metaleuca	9	7	4	20
		Pedaliodes manis	2			2
		Pronophila unifasciata	4		4	8
		Siproeta epaphus	2		2	4
	Pieridae	*Catasticta ctemene rubricata*			3	3
		Catasticta prioneris			3	3
		Eurema albula	4		1	5
		Eurema diara	2		1	3
Mantodea	Mantidae	*Stagmomantis* sp.	1			1
Odonata	Calopterygidae	*Hetaerina cruentata*			2	2
	Coenagrionidae	*Argia* sp.			2	2
	Libellulidae	*Brechmorhoga rapax*			3	3
		Orthemis discolor			2	2
Orthoptera	Eumastacidae	*Paramastax duquei*	4	4	4	12
	Tettigoniidae	Tettigoniidae sp.	2	2	2	6
Phasmatodea	Prisopodidae	*Damasippus* sp.		1		1
Total general			391	195	209	795

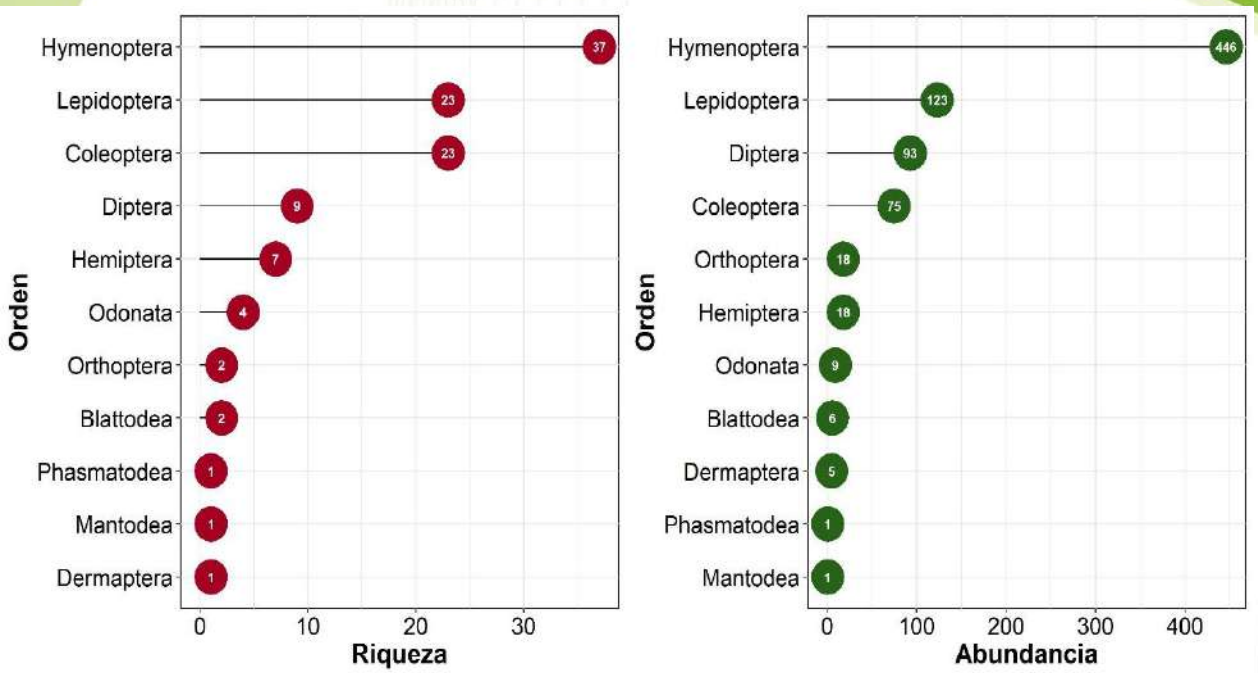


Figura 16. Riqueza y abundancia de los órdenes de insectos registrados en los predios Cajones y Quimbaya.

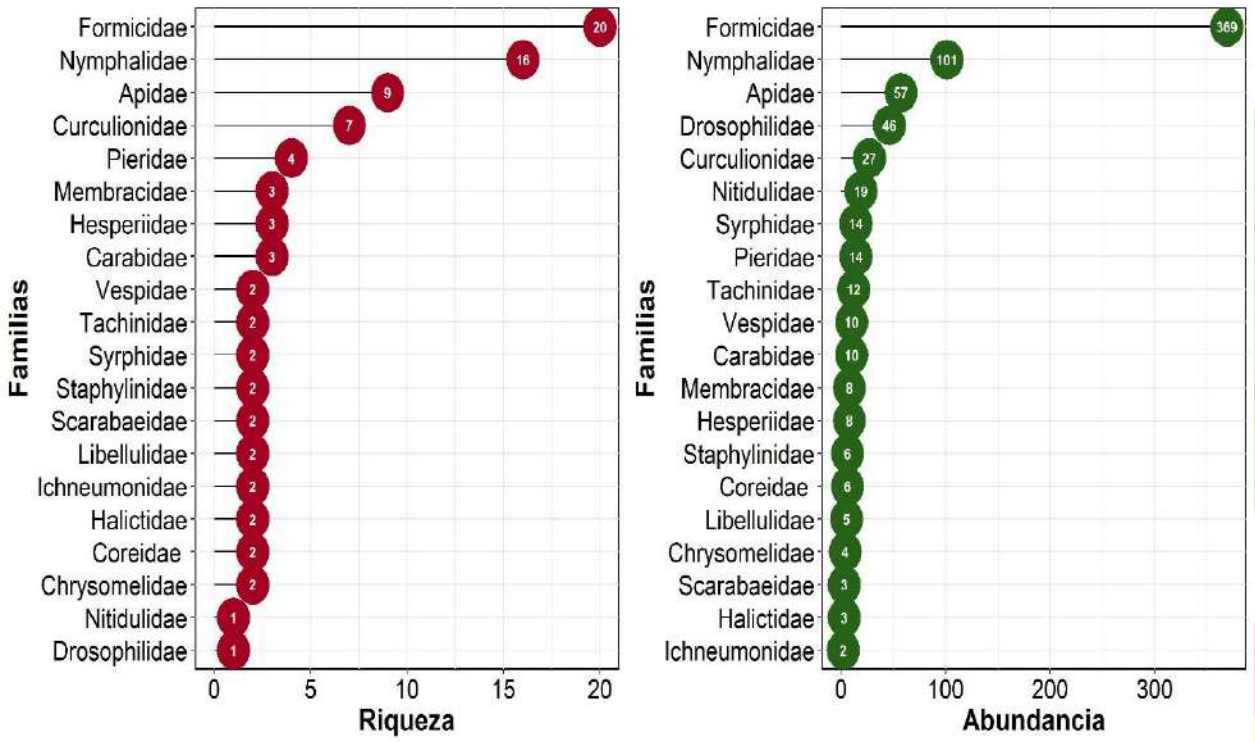


Figura 17. Riqueza y abundancia de las principales 20 familias de insectos registradas en los predios Cajones y Quimbaya.

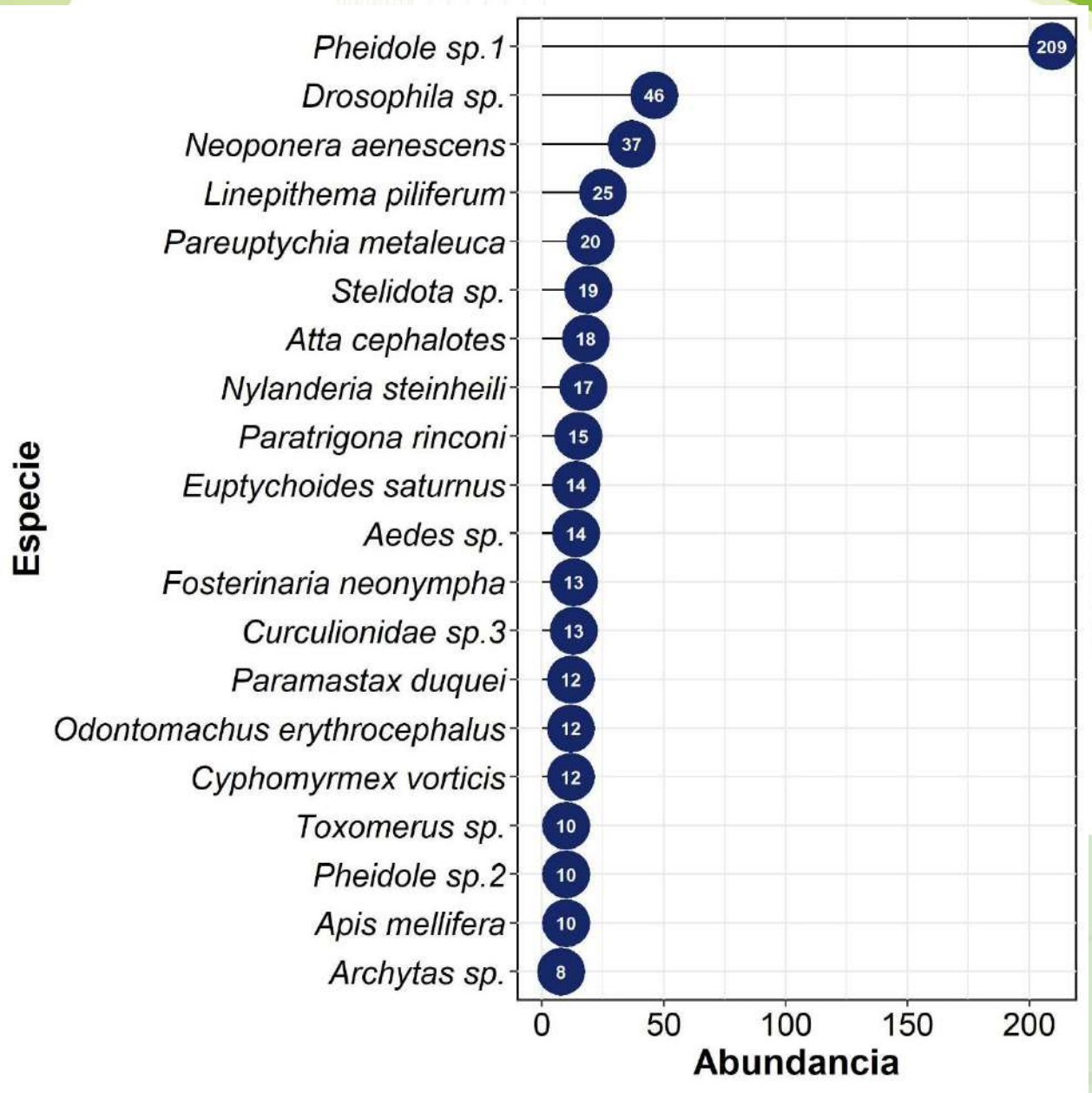


Figura 18. Abundancia de las primeras 20 especies de insectos registrados en los predios de Cajones y Quimbaya.

La cobertura vegetal que presentó la mayor riqueza y abundancia fue el Bosque abierto (85 spp., 391 ind.) seguido de Bosque ripario (75 spp., 209 ind.) y Guadual (43 spp., 195 ind.) (**Figura 19**).En Bosque abierto y Guadual se observó una alta dominancia de *Pheidole* sp.1 (**Figura 20**, **Figura 21**), mientras que en Bosque ripario hubo una mayor heterogeneidad en la dominancia de las especies, siendo *Neoponera aenescens*, *Drosophila* sp. y *Pheidole* sp. 1 las más abundantes (**Figura 22**).

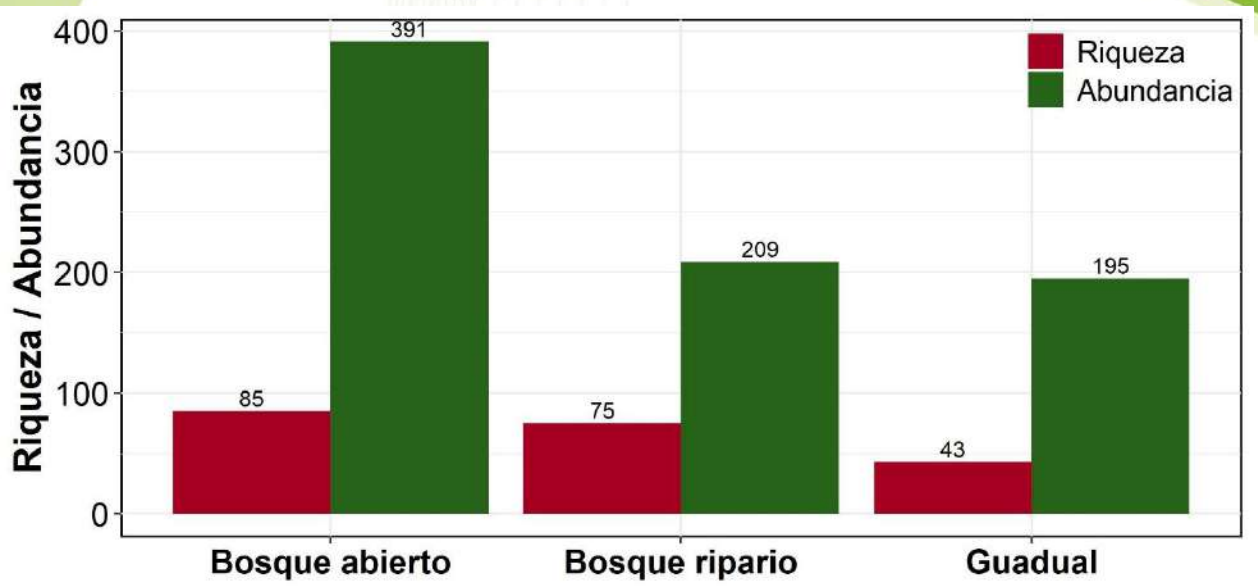


Figura 19. Riqueza y abundancia de insectos por cobertura vegetal en los predios Cajones y Quimbaya.

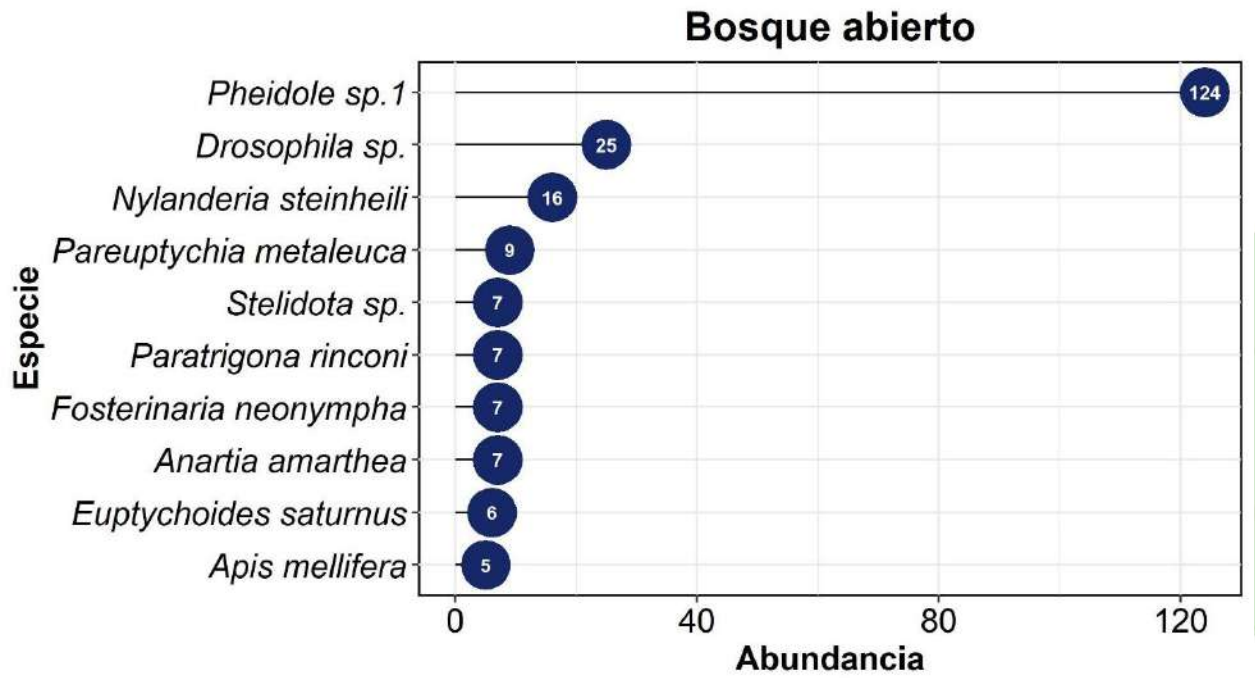


Figura 20. Especies de insectos más abundantes en la cobertura de Bosque abierto en los predios Cajones y Quimbaya.

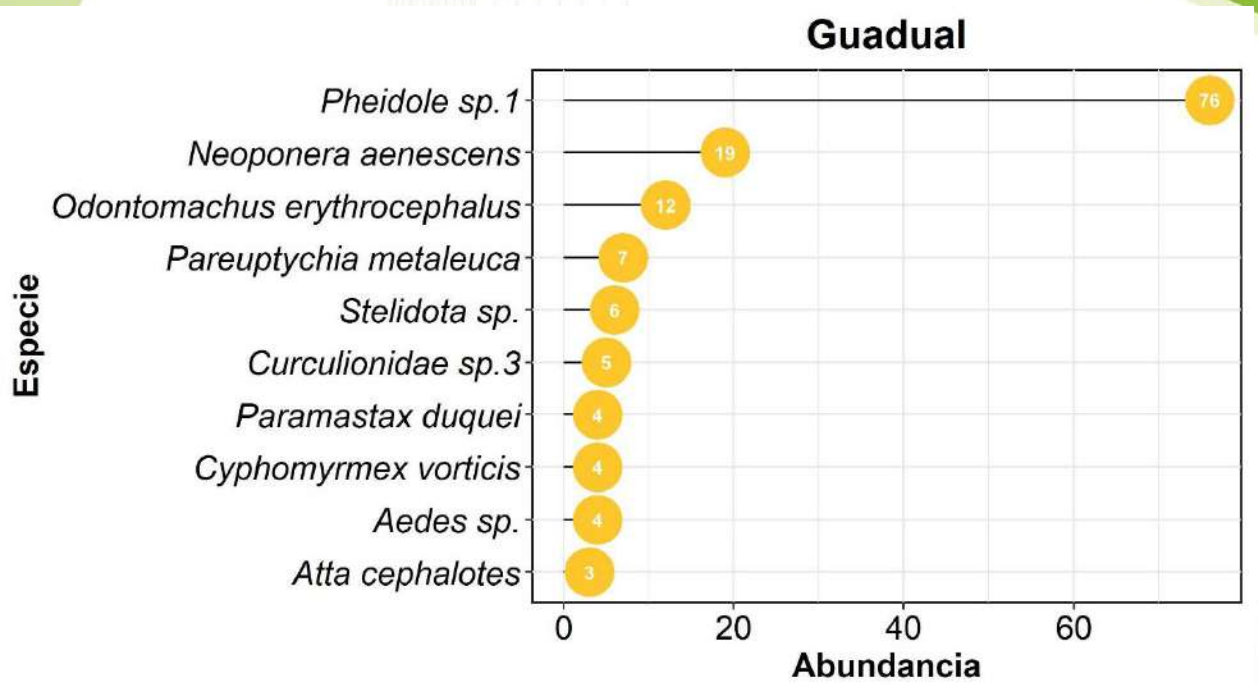


Figura 21. Especies de insectos más abundantes en la cobertura de Guadual en los predios Cajones y Quimbaya.

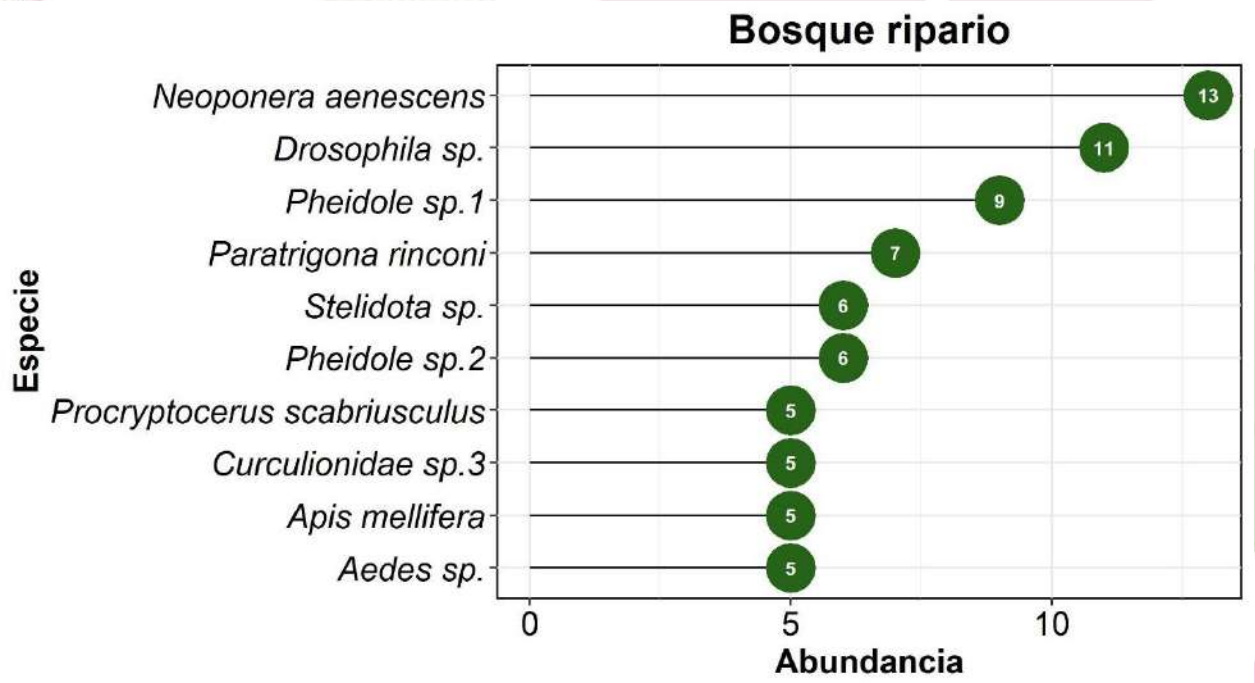


Figura 22. Especies de insectos más abundantes en la cobertura de Bosque ripario en los predios Cajones y Quimbaya.

Diversidad alfa

La cobertura de muestreo fue de 93.13% para Bosque abierto, 88.23% para Guadual, y del 85.23% para Bosque ripario, estos valores de cobertura sugieren un muestreo amplio y significativo para un grupo altamente hiperdiverso como lo son los insectos. Los valores de diversidad estimados y comparados bajo la misma cobertura de muestreo (Cm=0.8523) sugieren que en cuanto a la riqueza de especies (^{0}D), el Bosque abierto y Bosque ripario no difieren significativamente, estos bosques a su vez son significativamente más diversos que el Guadual (**Figura 23**). En cuanto a la diversidad de especies igualmente comunes (^{1}D), el Bosque ripario fue significativamente más diverso que el Bosque abierto, y este a su vez que el Guadual (**Figura 24**). Por último, la diversidad de especies dominantes (^{2}D), indicó que el Bosque ripario fue más diverso que el Bosque abierto y el Guadual, estos dos últimos no difirieron entre sí (**Figura 25**).

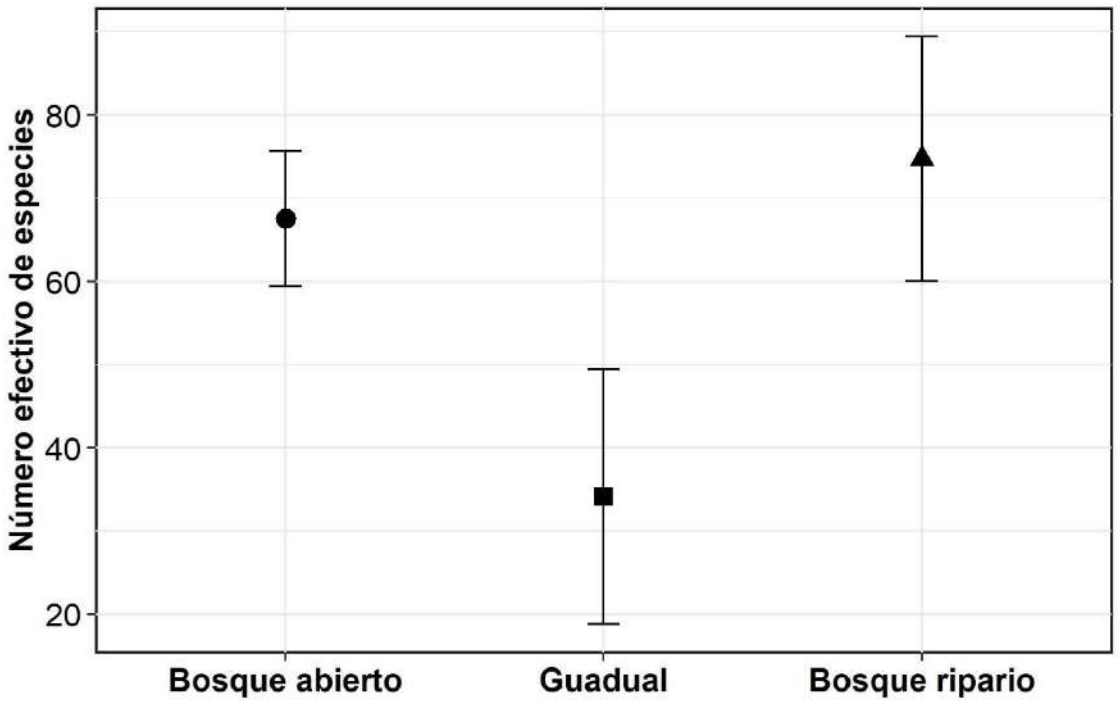


Figura 23. Diversidad de orden ^{0}D, riqueza de especies de insectos por cobertura vegetal en los predios Cajones y Quimbaya. La línea vertical indica el IC 95%.

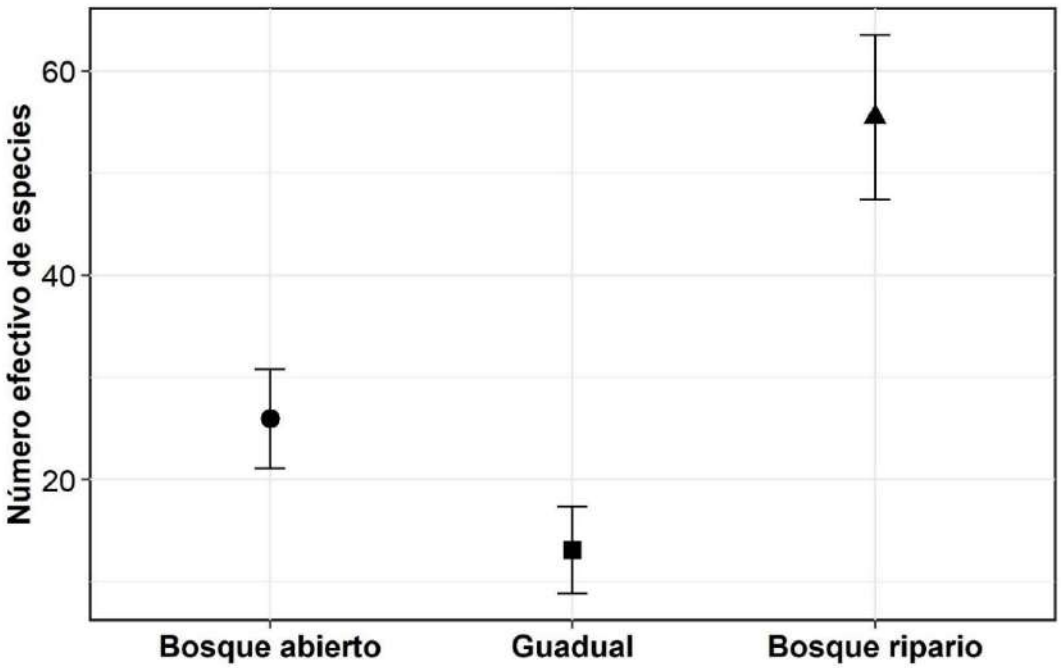


Figura 24. Diversidad de orden ^{1}D, diversidad de especies de insectos igualmente comunes por cobertura vegetal en los predios Cajones y Quimbaya. La línea vertical indica el IC 95%.

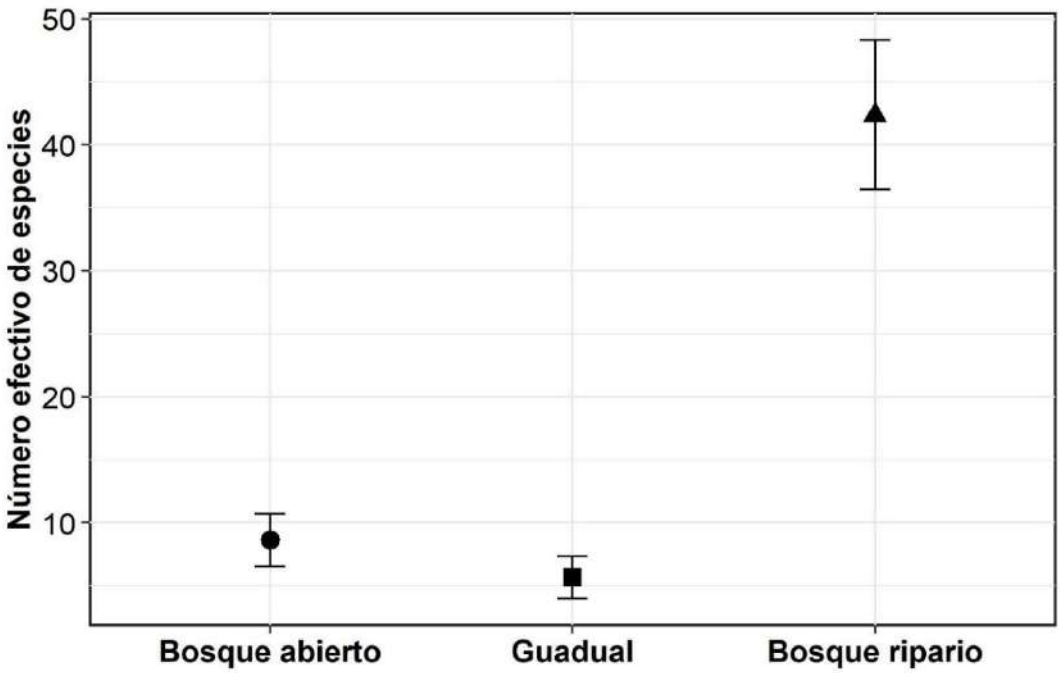


Figura 25. Diversidad de orden ^{2}D, diversidad de especies de insectos dominantes por cobertura vegetal en los predios Cajones y Quimbaya. La línea vertical indica el IC 95%.

Diversidad beta

El análisis de ordenación NMDS basado en la composición de especies de insectos en los predios Cajones y Quimbaya diferenció la formación de tres grupos diferentes que representan las tres coberturas vegetales muestreadas (stress = 0.059) (**Figura 26**). Según el análisis PERMANOVA la composición de especies entre Bosque abierto, Guadual y Bosque ripario es estadísticamente diferente ($F = 1.88$, $R^2 = 0.38$, $df = 2$, p-valor= 0.034). En la cobertura de Bosque abierto se registraron 20 especies exclusivas, en Bosque ripario 16 y Guadual 8, entre las tres coberturas se compartieron 27 especies, Bosque abierto y Bosque ripario fueron las coberturas que más compartieron especies con 31 (**Figura 27**).

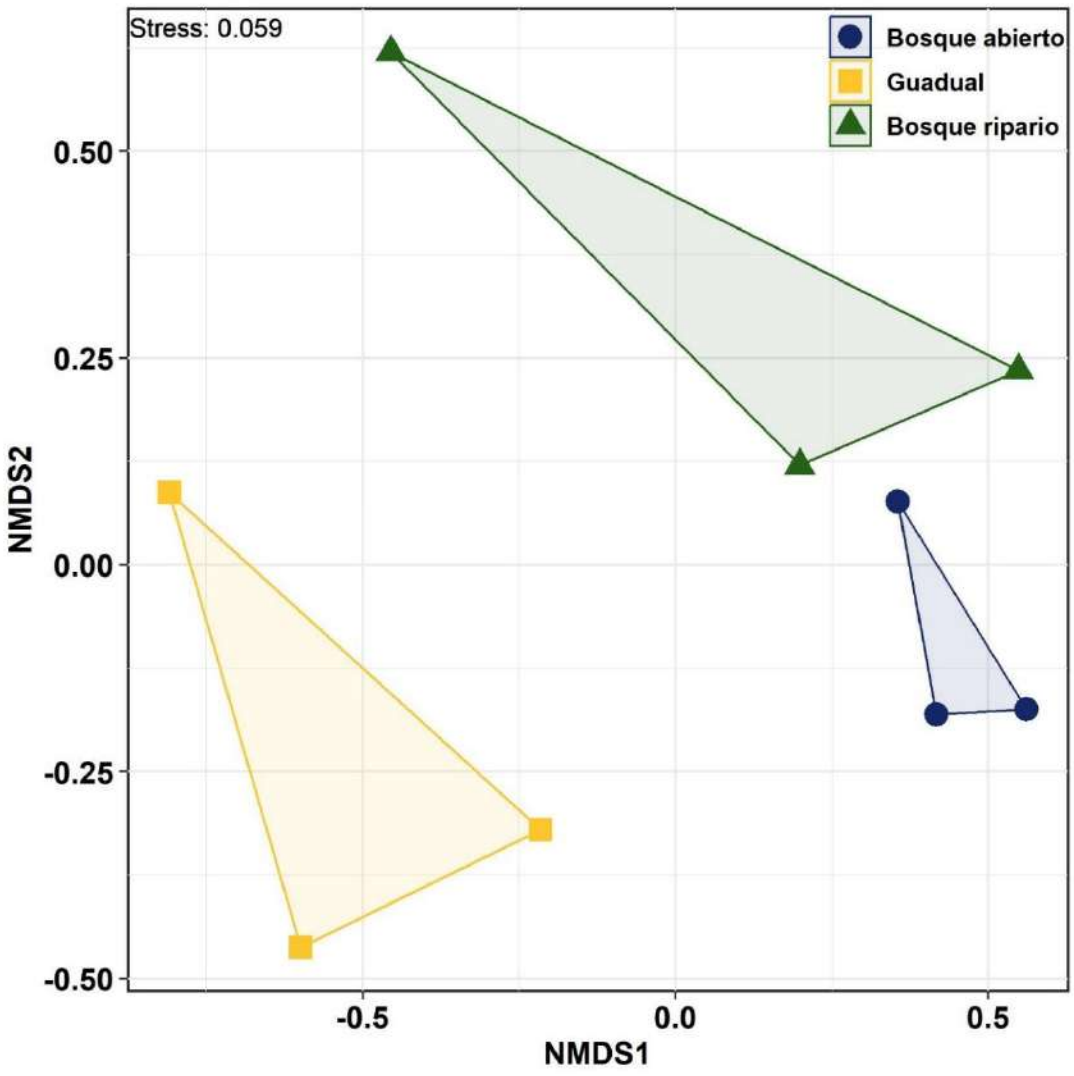


Figura 26. Análisis de Escalamiento Multidimensional No-Métrico (NMDS) de la composición de insectos entre las coberturas vegetales muestreadas en los predios Cajones y Quimbaya, basado en el índice Bray-Curtis.

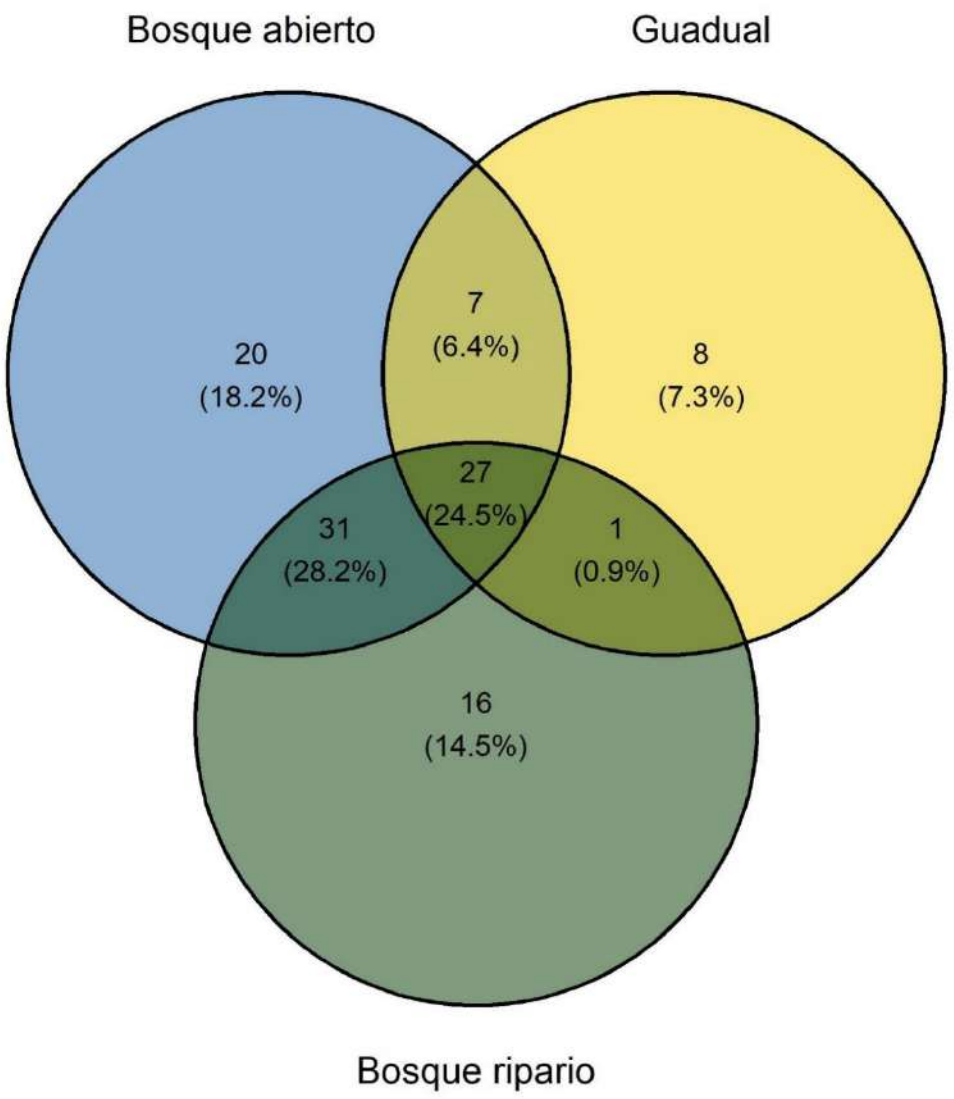


Figura 27. Diagrama de Venn de la composición de especies de insectos entre las coberturas vegetales muestreadas en los predios Cajones y Quimbaya.

Especies indicadoras

Se registraron 7 especies de insectos indicadores (**Tabla 3**). *Polyglypta* sp*., Anartia amarthea* y *Heliconius cydno cydnides* fueron especies indicadoras de Bosque abierto, estas especies se registraron en todas las parcelas de esta cobertura, mostrando una alta fidelidad a las características de hábitat que proporciona esta cobertura. *Catasticta prioneris* y *Brechmorhoga rapax* fueron especies indicadoras de Bosque ripario, restringiéndose y encontrándose en todas las parcelas de esta cobertura. *Apis mellifera* y *Paratrigona rinconi* fueron especies indicadoras tanto de Bosque abierto como de Bosque ripario, encantándose y restringiéndose a las características de estas dos coberturas. No se registraron especies indicadoras para la cobertura de Guadual.

Tabla 3. Análisis de Especies Indicadoras (IndVal) para las coberturas vegetales muestreadas en los predios Cajones y Quimbaya. Se proporcionan los valores de los indicadores y los valores p asociados.

Cobertura	Especie	Valor indicador	p-valor
Bosque abierto	*Polyglypta* sp.	1	0.039
Bosque abierto	*Anartia amarthea*	1	0.039
Bosque abierto	*Heliconius cydno cydnides*	1	0.039
Bosque ripario	*Catasticta prioneris*	1	0.032
Bosque ripario	*Brechmorhoga rapax*	1	0.032
Bosque abierto vs Bosque ripario	*Apis mellifera*	1	0.033
Bosque abierto vs Bosque ripario	*Paratrigona rinconi*	0.966	0.033

ESPECIES OBJETO DE MONITOREO

Después de llevar a cabo una revisión exhaustiva de las especies de insectos de interés ecológico incluidas en este estudio, no se identificó ninguna que estuviera actualmente clasificada en categorías de amenaza según los criterios establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), la Resolución 0126 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible o el Libro Rojo de Especies Amenazadas de Colombia. Por lo tanto, se ha seleccionado siete especies de interés ecológico o de monitoreo debido a: 1. Su distribución restringida. 2. Su especificad en las coberturas vegetales muestreadas. 3. Su fácil identificación en campo. 4. Su función ecológica (**Tabla 4**).

Tabla 4. Listado de especies de insectos de interés ecológico o de monitoreo en los predios Cajones y Quimbaya.

Especie	Distribución	Cobertura encontrada	Identificación	Función ecológica
Trigona fulvivetris (**Figura 28**)		Bosque abierto y ripario	Relativamente fácil	Polinizador
Greta andromica (**Figura 29**)	Restringida	Bosque ripario	Relativamente fácil	Polinizador
Ithomia iphianassa (**Figura 30**)		Bosque abierto y ripario		Polinizador
Oleria makrena caucana (**Figura 31**)	Restringida	Bosque ripario		Polinizador
Catasticta prioneris (**Figura 32**)		Bosque ripario		Polinizador
Brechmorhoga rapax (**Figura 33**)		Bosque ripario	Relativamente fácil	Depredador
Orthemis discolor (**Figura 34**)	Restringida	Bosque ripario		Depredador



Figura 28. *Trigona fulvivetris*



Figura 29. *Greta andromica*



Figura 30. *Ithomia iphianassa*



Figura 31. *Oleria makrena caucana*



Figura 32. *Catasticta prioneris*



Figura 33. *Brechmorhoga rapax*



Figura 34. *Orthemis discolor*

CONCLUSIONES

- En los predios de conservación Cajones y Quimbaya se registraron un total de 110 especies de insectos, lo que representa una riqueza biológica considerable si se tiene en cuenta la extensión reducida de los predios y la composición del paisaje circundante, caracterizado por una matriz productiva y fragmentada. Este hallazgo demuestra que, aun en espacios relativamente pequeños, la implementación de estrategias de conservación puede sostener una alta diversidad de entomofauna, reforzando el papel de estos predios como reservorios locales de biodiversidad. El estudio permitió caracterizar la diversidad presente en las principales coberturas vegetales, evidenciando que cada una alberga un ensamble particular de especies, lo que sugiere procesos ecológicos y microhábitats diferenciados. Esta diferenciación reafirma la importancia de mantener y gestionar la heterogeneidad del paisaje, ya que contribuye a sostener tanto la riqueza biológica como las funciones ecológicas clave, incluyendo la polinización, el control biológico y la descomposición de materia orgánica.

- Las variaciones registradas en los patrones de diversidad entre coberturas sugieren que factores como la conectividad ecológica, la estructura vertical y horizontal de la vegetación, así como las condiciones microclimáticas, influyen de manera directa en la distribución y abundancia de las especies. En este contexto, se hace evidente la necesidad de implementar estrategias de manejo integrales que no solo aseguren la continuidad de corredores biológicos, sino que también promuevan la restauración activa de zonas degradadas, incrementando así la resiliencia y la capacidad de adaptación del paisaje frente a presiones externas como el cambio climático y la expansión de actividades productivas. De manera particular, el bosque ripario destacó por su alta diversidad y composición singular, lo que permite identificarlo como una cobertura prioritaria para la conservación, al actuar como un refugio estratégico para la fauna entomológica.

- Finalmente, los resultados obtenidos constituyen una línea base sólida para el monitoreo a largo plazo de la biodiversidad en estos predios y en la región andina de Colombia. La metodología de muestreo y análisis aplicada demostró ser efectiva para el registro y caracterización de la entomofauna, por lo que puede ser adoptada y replicada en otros contextos de conservación y restauración ecológica. La información generada no solo aporta al conocimiento científico, sino que también respalda la formulación de políticas y acciones de manejo orientadas a la protección de hábitats estratégicos y al fortalecimiento de redes de conservación a escala regional.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un programa de seguimiento periódico de las especies identificadas como de interés ecológico en el estudio. Este monitoreo permitirá evaluar cambios en su abundancia, distribución y estado poblacional, aportando información clave para medir la efectividad de las acciones de manejo y conservación desarrolladas en los predios.

- Es importante priorizar la evaluación de grupos biológicos que presentaron una alta diversidad y relevancia ecológica, en especial las hormigas (Formicidae) y las mariposas (Lepidoptera). Estos grupos, además de su papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas, pueden ser muestreados mediante metodologías estandarizadas que facilitan la comparación de datos en el tiempo y el espacio, generando indicadores precisos de la salud de los hábitats evaluados.

- Asimismo, se recomienda ampliar el esfuerzo de monitoreo tanto en el espacio como en el tiempo. En el aspecto espacial, se sugiere incrementar el número y cobertura de las parcelas de muestreo para abarcar con mayor representatividad las distintas coberturas vegetales y microhábitats presentes en los predios. En el aspecto temporal, es fundamental mantener el seguimiento durante varios años e incorporar la variabilidad estacional, realizando muestreos en temporadas secas y lluviosas. Este enfoque permitirá identificar patrones de variación natural y posibles respuestas de la entomofauna a cambios ambientales o presiones antrópicas.

- Finalmente, se recomienda integrar los resultados generados en el monitoreo continuo a los planes de manejo de los predios, asegurando que las decisiones de conservación se basen en información científica actualizada. Del mismo modo, promover la vinculación de comunidades locales, instituciones educativas y organizaciones ambientales en las actividades de seguimiento y divulgación de resultados fortalecerá el compromiso social con la conservación y favorecerá la protección de la biodiversidad a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abós-Castel, F. P. (2009). Una metodología para muestrear poblaciones de mariposas (Insecta: Lepidoptera). *Revista de lepidopterología*, 37(146), 229-240.
- Anderson, E. P., Marengo, J., Villalba, R., Halloy, S., Young, B., Cordero, D., ... & Herzog, S. K. (2011). Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes. *Climate change and biodiversity in the tropical Andes*, 1, 1-18.
- Anderson, M. J. (2014). Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA). *Wiley statsref: statistics reference online*, 1-15.
- Barlow, J., França, F., Gardner, T. A., Hicks, C. C., Lennox, G. D., Berenguer, E., ... & Graham, N. A. J. (2018). The future of hyperdiverse tropical ecosystems. *Nature*, 559(7715), 517–526.
- Cadotte, M. W., Carscadden, K., & Mirotchnick, N. (2011). Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of applied ecology*, 48(5), 1079-1087.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., ... & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59–67.
- CBD. (2022). Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Convention on Biological Diversity.
- Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547.
- Chao, A., Kubota, Y., Zelený, D., Chiu, C. H., Li, C. F., Kusumoto, B., ... & Colwell, R. K. (2020). Quantifying sample completeness and comparing diversities among assemblages. *Ecological Research*, 35(2), 292-314.
- Comunidad Andina CAN. (2021). Estrategia Regional de Biodiversidad Andina.
- De Cáceres, M., Legendre, P., & Moretti, M. (2010). Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*, 119(10), 1674-1684.
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin III, F. S., & Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biology*, 4(8), e277.
- Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, 67(3), 345-366.

- Fernández, F. y M. J. Sharkey. (2006). *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C., Colombia. 894 pp.
- Fernández, F., Flórez, R. J. G., & Delsinne, T. (2019). *Hormigas de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C., Colombia. 1200 pp.
- Forero, D. (2008). The systematics of the Hemiptera. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 1-21.
- Garwood K., Huertas B., Ríos-Málaver I.C., Jaramillo J.G. (2022). *Mariposas de Colombia Lista de chequeo (Lepidoptera: Papilionoidea)*. BioButterfly Database. 2da Edición. 304 pp.
- Garwood K., Jaramillo J.G. (2024). *Foto guía de Mariposas de Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea)*. BioButterfly Database. Edición especial COP 16, 1247 pp.
- Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I. D., Hockings, M., & Burgess, N. D. (2013). Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation*, 161, 230–238.
- Gerlach, J., Samways, M., & Pryke, J. (2013). Terrestrial invertebrates as indicators of ecological restoration success. *Ecological Indicators*, 24, 147–153.
- Gibb, T. J., & Oseto, C. (2010). *Arthropod collection and identification: laboratory and field techniques*. Academic press. California, USA, 310 pp.
- Gibson, L., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Gardner, T. A., Barlow, J., ... & Sodhi, N. S. (2011). Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, 478(7369), 378–381.
- Gómez-Baggethun, E., Reyes-García, V., Olsson, P., & Montes, C. (2012). Traditional ecological knowledge and community resilience to environmental extremes: A case study in Doñana, SW Spain. *Global Environmental Change*, 22(3), 640-650.
- Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432.
- Hoorn, C., Wesselingh, F. P., Ter Steege, H., Bermudez, M. A., Mora, A., Sevink, J., ... & Antonelli, A. (2010). Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science*, 330(6006), 927-931.
- Hsieh, T. C., Ma, K., & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (H ill numbers). *Methods in ecology and evolution*, 7(12), 1451-1456.

- Huertas, B., Le Crom, J. F., & Correa-Carmona, Y. (2022). *Mariposas endémicas de Colombia: Guía para la identificación de las especies únicas del país*. Natural History Museum & ProColumbia. Puntoaparte Editores, Bogotá D. C., Colombia. 240 pp.
- IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press.
- Jenkins, C. N., Pimm, S. L., & Joppa, L. N. (2013). Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(28), E2602-E2610.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375.
- Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88(10), 2427-2439.
- Kumar, A., Devi, T. A., & Dubey, R. K. (2022). Evaluation of insect biodiversity using different sampling techniques in tropical ecosystems. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 10(1), 235–241.
- Losey, J. E., & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56(4), 311-323.
- Martínez, C. (2017). *Introducción a los escarabajos Carabidae (Coleoptera) de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 546 pp.
- McGeoch, M. A. (1998). The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*, 73(2), 181–201.
- Medina, C. A. C., Uribe, C. A. M., Quintero, B. G. M., Villa, A. F. E., Constantino, L. M., Posada, N. J. B., ... & Franco, C. A. R. (2012). *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: Guía para el estudio ecológico*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia; Wildlife Conservation Society. Villa María, Caldas, Colombia. 198 pp.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Política Nacional de Cambio Climático (PNCC).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) Colombia.

- Navarrete-Heredia, J. L., Newton, A. F., Thayer, M. K., Ashe, J. S., & Chandler, D. (2002). *Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae de México*. Universidad de Guadalajara y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Guadalajara, Jalisco, México. 404 pp.
- Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4(4), 355-364.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'hara, R. B., ... & Oksanen, M. J. (2013). Package 'vegan'. *Community ecology package*, 2(9), 1-295.
- Oliver, T. H., Heard, M. S., Isaac, N. J. B., Roy, D. B., Procter, D., Eigenbrod, F., ... & Bullock, J. M. (2015). Biodiversity and resilience of ecosystem functions. *Trends in Ecology & Evolution*, 30(11), 673–684.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.
- Roberts, D.W., & Roberts, M. D. W. (2016). Package 'labdsv'. *Ordination and Multivariate*, 775, 1-68.
- Romero-Alarcón, R., & Mendez, F. (2008). *Guía ilustrada de mantidos comunes de Colombia*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D. C., Colombia. 90 pp.
- Rosenberg, D. M., Danks, H. V., & Lehmkuhl, D. M. (1986). Importance of insects in environmental impact assessment. Environmental Management, 10(6), 773–783.
- RStudio Team. (2022). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC.
- Samways, M. J., McGeoch, M. A., & New, T. R. (2010). *Insect conservation: a handbook of approaches and methods*. Oxford University Press. New York, 441 pp.
- UNFCCC. (2015). The Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B., & Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*, 515(7525), 67–73.
- Yoccoz, N. G., Nichols, J. D., & Boulinier, T. (2001). Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(8), 446–453.