



Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja**

**Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables**

**Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**

**Diversidad de himenópteros como indicadores del avance de  
la restauración ecológica en la Reserva Madrigal del  
Podocarpus**

Trabajo de Titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniera en Manejo y  
Conservación del Medio Ambiente.

**AUTORA:**

Teresa Marisol Encalada Vera

**DIRECTORA:**

Blga. Marina Mazón Morales, Ph. D.

Loja – Ecuador

2024

## Certificación

Loja, 07 de agosto de 2023

Blga. Marina Mazón Morales, Ph. D.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado "**Diversidad de himenópteros como indicadores del avance de la restauración ecológica en la Reserva Madrigal del Podocarpus**", previo a la obtención del título de **Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, de autoría de la señorita estudiante **Teresa Marisol Encalada Vera**, con cédula de identidad Nro. **1105482994**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**MARINA MAZON**  
**MORALES**

Blga. Marina Mazón Morales, Ph. D.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## Autoría

Yo, **Teresa Marisol Encalada Vera**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mí Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1105482994

**Fecha:** 13 de mayo de 2024

**Correo institucional:** [teresa.encalada@unl.edu.ec](mailto:teresa.encalada@unl.edu.ec)

**Celular:** 0989832906

**Carta de autorización por parte de la autora, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Teresa Marisol Encalada Vera** declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **“Diversidad de himenópteros como indicadores del avance de la restauración ecológica en la reserva Madrigal del Podocarpus”** como requisito para optar por el título de **Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de mayo del dos mil veinte y cuatro.

**Firma:**



**Autora:** Teresa Marisol Encalada Vera

**Cédula de identidad:** 1105482994

**Fecha:** 13 de mayo de 2024

**Correo institucional:** [teresa.encalada@unl.edu.ec](mailto:teresa.encalada@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0989832906

**Dirección:** Mercadillo, Puyango, Loja

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Directora del Trabajo de Titulación:** Blga. Marina Mazón Morales PhD.

## **Dedicatoria**

La presente investigación lo dedico primeramente a Dios, por permitirme vivir esta etapa de mi vida, dándome fuerza y valor para terminar con éxito mis estudios.

A mis padres, María Vera y Santos Encalada por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en una persona de bien.

A mis queridos hermanos Carmen, Antonio, María, Arasselly y Daniel por estar siempre presentes y por el apoyo que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida, a mis queridos sobrinos por sus momentos de alegría vividos.

A mi amiga Elsa Castillo por su apoyo, sabiduría y ánimo en este arduo proceso donde compartimos momentos de alegría y tristeza gracias por ser una un faro de esperanza y amistad tanto en lo académico y personal.

**Teresa Marisol Encalada Vera**

## **Agradecimiento**

Expreso mi profundo agradecimiento a mi directora de tesis, Marina Mazón Morales, PhD, quien fue esa luz en mi camino cuando todo parecía no tener salida, mi gratitud eterna por siempre estar pendiente a mis dudas, por su gran disposición, por sus conocimientos, comprensión y paciencia que contribuyeron a poder terminar mi investigación. Su guía constante me ha motivado a seguir adelante.

Un agradecimiento especial por su importante orientación y apoyo técnico en la fase de campo a: Blga. Marina Mazón Morales PhD, Ing. Juan Darío Quinde, Ing. Óscar Romero y Blgo. Marek Castel.

Agradezco a los docentes de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente por impartir sus conocimientos en mi formación académica.

Para concluir agradezco a los propietarios de la Reserva Madrigal del Podocarpus por permitirme realizar el muestreo para mi trabajo de investigación.

**Teresa Marisol Encalada Vera**

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	ix
Índice de anexos .....	xi
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1. Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>7</b>
4.1. Biodiversidad del Ecuador .....	7
4.2. Restauración ecológica.....	8
4.3. Indicadores de restauración ecológica.....	8
4.4. Himenópteros .....	9
<b>5. Metodología</b> .....	<b>12</b>
5.1. Área de estudio.....	12
5.2. Diseño de la investigación.....	13
5.3. Metodología por cada objetivo.....	14
5.3.1. Identificación de la diversidad de himenópteros en una zona en proceso de restauración ecológica y en una zona conservada en la Reserva Madrigal del Podocarpus .....	14

5.3.1.1.	Muestreo en campo .....	14
5.3.1.2.	Identificación de los ejemplares colectados .....	16
5.3.1.3.	Análisis de diversidad y de abundancia .....	16
5.3.2.	Interpretación de la relación entre la diversidad de las comunidades de himenópteros y el nivel de conservación en la Reserva el Madrigal .....	18
<b>6.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>20</b>
6.1.	Identificar la diversidad de himenópteros en una zona en proceso de restauración ecológica y en una zona conservada en la Reserva Madrigal del Podocarpus .....	20
6.2.	Interpretar la relación entre la diversidad de las comunidades de himenópteros y el nivel de conservación en la Reserva Madrigal del Podocarpus. ....	22
<b>7.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>25</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>28</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>29</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>30</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>36</b>



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Familias de Hymenoptera para la Region Neotropical y número estimado de especies por Gaston et al. (1996) para cada una (Fernandez y Sharkey,2006) .....	10
<b>Tabla 2.</b> Ubicación de los puntos de muestreo de insectos Hymenoptera en cada zona de conservación de la Reserva Madrigal de Podocarpus,BO=zona bosque ,conservada; RE=zona en proceso de restauracion. ....	16
<b>Tabla 3.</b> Número de individuos y abundancia correspondientes a las familias de Hymenoptera identificados en las dos zonas de conservación (zona conservada, zona restaurada) de la Reserva Madrigal del Podocarpus.....	20
<b>Tabla 4.</b> Riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades de insectos del orden Hymenoptera de la Reserva Madrigal del Podocarpus. ....	21
<b>Tabla 5.</b> Prueba de U de Mann-Whitney y nivel de significancia (p-valor) para la comparación de la abundancia, riqueza y diversidad de familias de himenópteros de la Reserva Madrigal del Podocarpus. ....	22
<b>Tabla 6.</b> Similitud entre las comunidades de familias de himenópteros de la Reserva Madrigal del Podocarpus en las tres réplicas de los dos niveles de restauración (BO = zona de bosque, conservada; RE = zona en proceso de restauracion) aplicando el índice de similitud de Bray-Curtis. ....	24

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación de la Reserva El Madrigal del Podocarpus y localización de los puntos donde se ubicaron las trampas Malaise para el monitoreo de insectos Hymenoptera. . 13	13
<b>Figura 2.</b> Diagrama boxplot para la abundancia(A),riqueza (B),diversidad de Shannon (C) y Simpson (D) de las familias de himenopteros de la Reserva Madrigal del Podocarpus en dos niveles de conservacion: zona de bosque (conservada) (BO) y zona en proceso de restauracion (RE). ..... 23	23
<b>Figura 3.</b> Similitud entre las comunidades de familias de himenópteros de la Reserva Madrigal del Podocarpus en las tres réplicas de los dos niveles de restauracion (BO= zona de bosque, conservada; RE = zona en proceso de restauracion) aplicando el índice de similitud de Bray-Curtis. .... 24	24

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Permiso de investigación MAATE.....	36
<b>Anexo 2.</b> Certificado de tenencia.....	37
<b>Anexo 3.</b> Ubicación de las trampas Malaise de la Reserva Madrigal del Podocarpus. ....	38
<b>Anexo 4.</b> Identificación de los insectos Hymenoptera de la reserva Madrigal del Podocarpus. .....	38
<b>Anexo 5.</b> Certificado de traducción del Resumen (Abstract). ....	39

## **1. Título**

**"Diversidad de himenópteros como indicadores del avance de la restauración ecológica en la Reserva Madrigal del Podocarpus"**

## 2. Resumen

La restauración ecológica es el proceso en el que se trata de restablecer un ecosistema el cual ha sido degradado por acciones antrópicas, pero requiere que se evalúen los cambios que se dan en el ecosistema durante el proceso a través de indicadores cuantificables. El presente estudio tuvo por objetivo diagnosticar la diversidad de himenópteros como indicadores del avance de la restauración ecológica en la Reserva Madrigal del Podocarpus, ubicada en el cantón Loja, utilizando bosque andino dedicado a la conservación como ecosistema de referencia. Se colectaron 2 646 individuos de himenópteros en las dos zonas de estudio: 1 545 individuos en la zona conservada y 1 103 en la zona en proceso de restauración, distribuidos en 29 familias de insectos dentro de este orden. De acuerdo con los índices de Shannon y Simpson, el área restaurada contó con una mayor diversidad de familias ( $H = 2,032$  y  $D = 0,7724$ ). La zona conservada tuvo valores mayores en abundancia, pero la zona en restauración presentó una mayor riqueza y diversidad, aunque ninguna de las diferencias resultó significativa. En lo que respecta a la similitud entre las comunidades de ambos niveles de conservación, de acuerdo al índice de Bray-Curtis nos indica claramente que la mayor similitud se encuentra entre la zona conservada bosque 1 y la zona en proceso de restauración 3 y las zonas restauradas 2 y 1, mientras que la menor similitud se dio entre las zonas de bosque 2 y restauración 3. Se define de esta forma que los himenópteros se pueden emplear como indicadores de avance de la restauración ecológica en una zona conservada y en proceso de restauración.

**Palabras clave:** Diversidad, abundancia, riqueza, himenópteros, indicadores, restauración ecológica.

## 2.1. Abstract

Ecological restoration is the process of reestablishing an ecosystem that has been degraded by anthropogenic actions, but it requires evaluating the changes that occur in the ecosystem during the process through quantifiable indicators. The objective of this study was to diagnose the diversity of Hymenoptera as indicators of the progress of ecological restoration in the Madrigal del Podocarpus Reserve, located in the Loja canton, using Andean forest dedicated to conservation as a reference ecosystem. 2,646 individuals of hymenoptera were collected in the two study areas: 1,545 individuals in the conserved area and 1,103 in the area under restoration, distributed in 29 families of insects within this order. According to the Shannon and Simpson indices, the restored area had a greater diversity of families ( $H = 2.032$  and  $D = 0.7724$ ). The conserved area had higher abundance values, but the restoration area presented greater richness and diversity, although none of the differences were significant. Regarding the similarity between the communities of both conservation levels, according to the Bray-Curtis index it clearly indicates that the greatest similarity is between the conserved forest area 1 and the area in the process of restoration 3 and the areas restored areas 2 and 1, while the least similarity occurred between forest areas 2 and restoration 3. It is defined in this way that hymenoptera can be used as indicators of progress in ecological restoration in a conserved area and in the process of restoration.

**Keywords:** Diversity, abundance, richness, hymenoptera, indicators, ecological restoration.

### 3. Introducción

La expansión de la frontera agrícola, la ganadería de tipo extensiva y la industria extractiva minera son las actividades antrópicas que constituyen las principales causas de degradación de los ecosistemas (Brachfield, 2010; Mola et al., 2018). En América Latina, más del 40 % de los ecosistemas tropicales (650 millones de ha) se encuentran degradados (Gligo et al., 2021). En Argentina, Brasil, México y Paraguay, más de la mitad de su territorio se encuentra degradado. En el caso de Bolivia, Chile y Perú, se estima que entre un 27 % y un 43 % del territorio presenta problemas de degradación y desertificación (UNEP y WCMC, 2016).

En Ecuador, la degradación del territorio se encuentra relacionada principalmente con procesos extractivos, abarcando el 16,7 % del país (Nadal y Aguayo, 2020). Sin embargo, también se atribuye a la deforestación de ecosistemas frágiles, el cambio de uso de suelo a pastizales y nuevos cultivos, la excesiva labranza, el sobrepastoreo, el uso intensivo de agroquímicos y el inadecuado uso del agua para actividades agrícolas (Ministerio del Ambiente, 2018). El 15 % (37,5 mil km<sup>2</sup>) de los suelos del país son afectados por la erosión, de los cuales el 25,9 % corresponde a la región Sierra, el 30 % a la región Costa y el 44 % a la región Amazónica (Montatixe Sánchez y Eche Enriquez, 2021).

Específicamente, en la provincia y el cantón Loja presentan problemas de erosión en el 86,27 % del territorio, llegando a niveles de erosión severa en algunas zonas (10,56 %). Todo esto refleja la necesidad de aplicar medidas compensatorias o de regeneración en el cantón (Municipio de Loja, 2019; Prefectura de Loja, 2019).

La restauración ecológica es el proceso en el que se trata de restablecer un ecosistema el cual ha sido degradado por acciones antrópicas (Duarte et al., 2017). Este proceso depende de la capacidad de respuesta de los ecosistemas; además se relaciona con requerimientos socioeconómicos, uso sostenible de recursos y la mitigación de impactos (Ariza y Isaacs, 2015). De acuerdo con Duarte et al. (2017) y Ariza e Isaacs (2015) estos procesos deben monitorearse para evaluar su efectividad, de esta forma se conocerá su avance y permitirá desarrollar acciones de manejo adaptativo (resiembra o el cambio de especies).

Para evaluar el avance de la restauración ecológica hay que recordar que se requiere de la aplicación planificada de técnicas y estrategias dirigidas a favorecer las condiciones ambientales locales, los servicios ecosistémicos a escala y la capacidad de producción de los lugares recuperados, es por ello que se pueden utilizar grupos indicadores, que miden y monitorean características del ecosistema en distintas escalas de tiempo y espacio (Delfín González y Burgos, 2000); lo cual permite evaluar el estado del ecosistema en cualquier punto del proceso de restauración, con respecto a los objetivos de restauración planteados (Vargas, 2008). Los himenópteros son organismos que responden de manera predecible a los disturbios ambientales, ya que poseen una alta sensibilidad a los cambios en su hábitat (González et al., 2014). Además, tienen un rol esencial en la regulación de las poblaciones de otros insectos (himenópteros parasitoides y depredadores), en la reproducción de las plantas (himenópteros polinizadores) y en la modelización de la estructura de la vegetación (himenópteros herbívoros) (Reyes et al., 2009). Todo esto convierte al orden Hymenoptera como un firme candidato para ser usado como indicador del avance de los procesos de restauración.

La Reserva Madrigal del Podocarpus, ubicada en la cuenca hidrográfica del río San Simón, en el cantón Loja, presenta un área de 306 ha de bosque andino dedicada a la conservación. En el momento de adquisición del área, varias de las zonas estaban destinadas a pastizal, ante el proceso de cambio de uso de suelo evidente en esta zona, los propietarios iniciaron un proceso de restauración (tanto activa como pasiva), cuyo procesos requiere ser monitoreado (Baker, 2017; Luna y Paccha, 2018).

Esta reserva tiene en su historia una serie de acontecimientos ambientales que han afectado su equilibrio ecológico, incluido un proceso de pérdida de vegetación producto de la explotación de la frontera agrícola, el cambio de uso de suelo de vegetación nativa a pastizales, estos procesos se relacionan con el objetivo 13 de desarrollo sostenible, “Acción por el clima”, ya que este objetivo se basa en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (ONU, 2018).



Para dar cumplimiento con el estudio, se planteó el siguiente objetivo general:

- Diagnosticar la diversidad de himenópteros como indicadores del avance de la restauración ecológica ante procesos de degradación en la Reserva el Madrigal.

A su vez, se propusieron los siguientes objetivos específicos:

- Identificar la diversidad de himenópteros en una zona en proceso de restauración ecológica y en una zona conservada en la Reserva Madrigal del Podocarpus.
- Interpretar la relación entre la diversidad de las comunidades de himenópteros y el nivel de conservación en la Reserva Madrigal del Podocarpus.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Biodiversidad del Ecuador**

Ecuador es uno de los países con la mayor biodiversidad de especies por unidad de territorio, debido a la presencia de la cordillera de Los Andes que atraviesa de norte a sur el país, el callejón interandino que se caracteriza por ser angosto cruzado por nudos y cadenas montañosas, las corrientes marinas (la corriente fría de Humboldt y las corrientes cálidas del norte) y la actividad volcánica que permite la formación de micro ecosistemas. Estos ecosistemas se encuentran amenazados y en peligro de degradación por presiones antrópicas, como es el caso de la agricultura y ganadería, y los incendios forestales provocados o naturales (Bravo, 2014).

En el caso de los problemas ambientales relacionados con el suelo producto de las actividades antrópicas se encuentran los procesos erosivos, y la pérdida de calidad del suelo por acción contaminante. En el caso de la degradación del suelo, este problema se puede deber a tres causas: sobreutilización, subutilización o cambio de uso, y comprende la alteración de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo. En referencia al cambio de uso de suelo, existe una clara reducción de la superficie natural del país y una acelerada degradación y fragmentación del paisaje. A nivel nacional, el 27% de la superficie se encuentra ocupada por cultivos de ciclo corto (Puentestar, 2015).

En la Región Sierra del Ecuador, de acuerdo con el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, cerca del 70 % de la superficie de bosque natural había sido deforestada durante la década

de los 90; mientras que, en cuanto a la deforestación neta hasta el año 2008 era de 753,9 km<sup>2</sup> (Puentestar, 2015).

#### **4.2. Restauración ecológica**

La restauración ecológica consiste en la recuperación de ecosistemas que han sufrido procesos de degradación (antrópicas o naturales), siendo su principal objetivo la conservación y reposición del capital natural, que permita la restitución de los servicios ecosistémicos, que deben ser aprovechados de forma sostenible (Balaguer, 2014). En la restauración ecológica se evidencia la capacidad de resiliencia de los ecosistemas en los que se ha producido la degradación: el ecosistema en condiciones naturales tiene la capacidad de regenerarse, pero si el impacto recibido es muy grave, es necesario implementar estrategias de intervención para lograr su recuperación (Duarte et al., 2017). La restauración ecológica por tanto puede iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema desde su integridad hasta su funcionalidad y sustentabilidad, es decir, brinda apoyo al ecosistema degradado para que en cierta forma vuelva a su estado natural, previo a sufrir la degradación, es decir, se reestablecen las relaciones entre especies de una comunidad, que mantienen en equilibrio al ecosistema (Mazón, Maita, et al., 2017).

#### **4.3. Indicadores de restauración ecológica**

Los cambios o progresos que se dan en el ecosistema durante el proceso de restauración se miden a través de indicadores cuantificables, que deben considerar características especiales que les permitan identificar si los avances en los procesos se están dando según lo esperado o si por el contrario se están dando situaciones inesperadas o cambios significativos en este proceso (WWF, 2017). Entre los indicadores más utilizados están los indicadores relacionados

con la estructura de la vegetación (altura y diámetro de las plantas, cobertura de la vegetación), la estructura del suelo (contenido de materia orgánica, contenido de carbono orgánico, estabilidad de agregados, retención de humedad) o la diversidad de especies nativas (especies de plantas, de mamíferos, de insectos, etc.) (Ariza y Isaacs 2015; Ugalde 2014).

Además, se debe considerar la sensibilidad a las diversas perturbaciones ambientales, distribución, abundancia, éxito reproductivo, de esta forma se podrá estimar el estatus de especies o de condiciones ambientales que resultan difíciles de estimar y definir su progreso y afectación. Para poder considerar a un taxón como un bioindicador, primero se debe definir la sensibilidad para advertir alteraciones del ambiente, ya que debe ser capaz de percibir no solamente del peligro que corre el taxón mismo sino del peligro que corre todo el ecosistema. Es importante señalar que la intensidad del cambio en el taxón del bioindicador debe ser correlacionado con la intensidad del disturbio ambiental, y se debe determinar su abundancia sin comprometer la estabilidad de la población (González et al., 2014).

#### **4.4. Himenópteros**

Al igual que Coleóptera, Lepidóptera y Díptera, Hymenoptera es uno de los grandes órdenes de insectos; cada uno de estos órdenes presentan más de 100 000 especies descritas alrededor del mundo. En la Región Neotropical, se reconocen 76 familias y se han descrito cerca de 24 000 especies, aunque el número real debe ser mucho mayor (Fernández y Pujade, 2015) (Tabla 1). El orden se encuentra en la tierra desde la era del Triásico, con más de 230 millones de años, y su posición filogenética dentro de Holometabola (Endopterygota) no está clara, aunque parece tratarse de un grupo altamente aislado y basal (Fernández y Sharkey, 2006).

En este orden se encuentran las hormigas, las abejas y las avispas. Sus formas de vida pueden ser de forma solitaria o en asociaciones complejas. Se distribuyen en todos los ecosistemas del planeta y el interés de la ciencia en estas especies corresponde a los modelos de comportamiento, referidos fundamentalmente a la depredación, parasitoidismo y sociabilidad (Fernández y Pujade 2015; De Roodt 2015).

**Tabla 1.** Familias de Hymenoptera para la Región Neotropical y número estimado de especies por Gastón et al. (1996) para cada una (Fernández y Sharkey, 2006)

<b>Familias de Hymenoptera, Región Neotropical</b>					
<b>Tenthredinoidea</b>	<b>140</b>	Aphelinidae	100***	Scelionidae	2000****
Argidae	50*	Chalcididae	450**	<b>Ichneumonoidea</b>	<b>5000</b>
Pergidae	40*	Elasmidae	20*	Braconidae	2000****
Tenthredinidae	50*	Encyrtidae	1000****	Ichneumonidae	3000****
<b>Siricoidea</b>	<b>1</b>	Eucharitidae	22*	<b>Chrysoidea</b>	<b>328</b>
Xiphydriidae	1*	Eulophidae	1000****	Bethylidae	150**
<b>Orussoidea</b>	<b>5</b>	Eupelmidae	100**	Chrysididae	80**
Orussidae	5*	Eurytomidae	150**	Dryinidae	90**
<b>Stephanoidea</b>	<b>6</b>	Leucospidae	10*	Embolemidae	4*
Stephanidae	6*	Mymaridae	500***	Sclerogibbidae	2*
<b>Trigonalioidea</b>	<b>10</b>	Ormyridae	2*	Scolebythidae	2*
Trigonalidae	10*	Perilampidae	25*	<b>Vespoidea</b>	<b>1410</b>
<b>Evanioidea</b>	<b>38</b>	Pteromalidae	1000****	Bradynobaenidae	3*
Aulacidae	2*	Signiphoridae	30*	Formicidae	620***
Evaniidae	30*	Tanaostigmatidae	25*	Mutillidae	300***
Gasteruptiidae	6*	Tetracampidae	1*	Pompilidae	250***
<b>Ceraphronoidea</b>	<b>45</b>	Torymidae	100**	Rhopalosomatidae	8*
Ceraphronidae	25**	Trichogrammatidae	70**	Sapygidae	2*
Megaspilidae	20**	<b>Proctotrupoidea</b>	<b>3674</b>	Scoliidae	15*
<b>Cynipoidea</b>	<b>603</b>	Diapriidae	1000****	Sierolomorphidae	2*
Cynipidae	100**	Heloridae	2*	Tiphiidae	30*
Figitidae	500***	Monomachidae	1*	Vespidae	180*
Ibaliidae	3*	Pelecinidae	1*	<b>Apoidea</b>	<b>1100</b>
<b>Chalcidoidea</b>	<b>4705</b>	Platygastridae	650***	Apidae	700**
Agaonidae	100*	Proctotrupidae	20*	Sphecidae s. l	400**

*Nota.* Nivel de confianza en las estimaciones se indica usando un sistema de intervalos \* + 1-10 especies, \*\* + 10-50 especies, \*\*\* + 50-100 especies, \*\*\*\* + 100-500 especies. «Sphecidae» s. l. es parafilético.

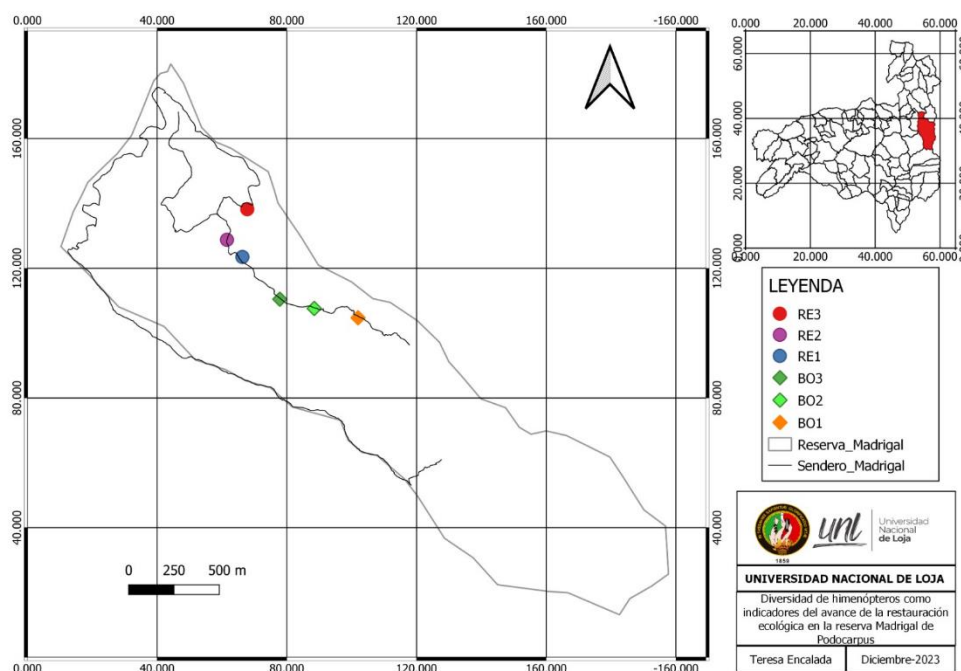
Considerando la importancia de los servicios ecosistémicos que brindan estos organismos, su perturbación puede causar un cambio en la dinámica del paisaje. Además, se puede resaltar el valor de la polinización, para establecer estrategias de conservación, es así como cerca de un tercio de la producción mundial de alimento está relacionado con la polinización de plantas, y más de la mitad de animales que polinizan las plantas tropicales son insectos (González, 2015).

La importancia de los himenópteros como bioindicadores es tal que son empleados para analizar el impacto a través de su abundancia entre diferentes tipos de cultivos, como se lo desarrolló en el estudio de Delgado (2008), donde se registró la abundancia, riqueza y diversidad de himenópteros en dos cultivos de guayaba, con diferencias tanto en prácticas agrícolas como en el uso de insumos. En éste se encontraron diferencias en la diversidad de himenópteros entre ambos cultivos, donde el cultivo con prácticas tradicionales presentó una mayor diversidad que el cultivo intervenido con otros insumos. Otro estudio que refleja la importancia de los himenópteros como indicadores de restauración es el desarrollado en la reserva biológica Tapichalaca en Zamora Chinchipe, en el que se menciona que los himenópteros parasitoides son considerados uno de los mejores bioindicadores, debido a que representan la diversidad de sus hospedadores a los cuales atacan (López, 2019).

## **5. Metodología**

### **5.1. Área de estudio**

La Reserva Privada el Madrigal de Podocarpus está situada a 5 km de la ciudad de Loja (Ecuador) y se encuentra ubicada entre las coordenadas 702670 y 9552977 UTM (Figura 1). La reserva forma parte de la microcuenca San Simón y cuenta con una superficie de 306 ha. La altitud de la reserva va desde 2225 msnm a 3310 msnm; además, cuenta con una precipitación anual que varía entre 500 y 1200 mm y con una temperatura promedio entre 12 a 14 °C. Los ecosistemas presentes en esta reserva son bosque nublado y bosque siempreverde montano del Sur de la cordillera Oriental de Los Andes, esto de acuerdo con el sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2012). Parcialmente, la parte Sureste de la reserva está dentro del Parque Nacional Podocarpus, cerca de 60 ha de la reserva han sufrido los impactos frecuentes de las actividades antrópicas como es el caso del turismo, por lo que también existe vegetación representativa de un ecosistema alterado: bosque secundario, área arbustiva y páramo antrópico. El bosque secundario se encuentra en un proceso de recuperación natural desde la adquisición de la finca por parte de los propietarios, ya que anteriormente esas áreas estaban destinadas a pastizales. El páramo antrópico se encuentra localizado en la cordillera Sur-oriente de la reserva (Baker, 2017).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la Reserva El Madrigal del Podocarpus y localización de los puntos donde se ubicaron las trampas Malaise para el monitoreo de insectos Hymenoptera.

## 5.2. Diseño de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo no experimental, debido a que se analizan los sucesos ocurridos sin la intervención directa del investigador, en este caso determinar el avance de la restauración ecológica a través de bioindicadores del orden Hymenoptera.

Además, tiene un alcance descriptivo-causal, debido a que se profundizó y describió la relación que existe entre la diversidad de himenópteros y los avances en los procesos de restauración ecológica, con el fin de evaluar su sensibilidad y uso potencial. También, el estudio considera el método deductivo, con el fin de elaborar conclusiones y recomendaciones del proceso de investigación. Para elaborar estas conclusiones se debe tomar en cuenta los datos



obtenidos en campo y las suposiciones de los antecedentes referentes a la investigación, y los hallazgos representativos del estudio (Hernández Sampieri, 2014).

Para el desarrollo de la investigación se han establecido tres réplicas en la zona de conservación y tres réplicas en la zona que está en proceso de restauración.

### **5.3. Metodología por cada objetivo**

#### **5.3.1. Identificación de la diversidad de himenópteros en una zona en proceso de restauración ecológica y en una zona conservada en la Reserva Madrigal del Podocarpus**

Para dar cumplimiento al primer objetivo, se procedió a seguir una metodología relacionada con el muestreo del orden Hymenoptera, además de la determinación de la diversidad de las familias colectadas, tanto para la zona conservada como para la zona en proceso de restauración ecológica.

##### **5.3.1.1. Muestreo en campo**

El muestreo se realizó con trampas de intercepción tipo Malaise de color blanco, que están especialmente diseñadas para coleccionar insectos voladores. Las trampas Malaise están construidas con fina tela (tul) y presentan una forma de carpa pequeña. Esta trampa debe ser instalada en sitios entre la vegetación por donde puedan volar los insectos, permitiendo el paso libre de insectos, puesto que estas trampas son de intersección, es decir que exista corredores naturales, evitando las pendientes para que las trampas no queden mal posicionadas. Se ata de los extremos intentando que mantenga su forma, dejando una entrada libre para la circulación de los insectos, de esta forma ingresan los especímenes con la particularidad de que estos

cuando se encuentran encerrados tienden a volar hacia arriba, de esta forma ascienden hasta la parte alta de la trampa, en donde se encuentra un frasco colector, el mismo que contiene un líquido conservador (Márquez, 2005).

Para identificar las dos áreas de estudio (área conservada y área en restauración) se contó con el apoyo de un guía conocedor del lugar, el cual identificó con base en su experticia algunas características de las zonas conservadas, lo característico en el caso de la vegetación en la zona conservada es la presencia del estrato arbustivo, de cobertura densa y frondosa, entre los predominantes están especies de los géneros *Ageratina*, *Asplenium*, *Blechnum*, *Baccharis*, *Disterigma*, *Graffenrieda*, *Huperzia*, *Ilex*, *Miconia* (Rosado, 2013), lo que contribuye a tener abundante presencia de hojarasca y por último destacándose la presencia de especies epífitas como orquídiáceas, helechos y bromelias entre otros, mientras que, en la zona en proceso de restauración en ciertas partes domina el pastizal. Una vez identificadas, se colocó una trampa Malaise por cada uno de los tres puntos instalados en cada área de estudio (Tabla 2), ubicándolas en zonas donde hubiera una pendiente reducida (0-5 %) y pudiera ser una zona de tránsito para insectos, ya que al ser una trampa de intercepción y al ubicarla siguiendo estas rutas, mejora su eficiencia. Las trampas estuvieron separadas entre sí a distancias entre 128 m y 248 m en cada área de muestreo, mientras que la distancia de separación entre las dos zonas de conservación es de 312 m.

Para preservar a los insectos se utilizó alcohol etílico al 70 % (Zumado y Azofeifa, 2018). Las muestras se recolectaron en un período ininterrumpido de 8 semanas desde octubre a diciembre del 2022, realizando los recambios de los frascos colectores cada dos semanas. Las colectas se realizaron con el permiso de colecta del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) No. MAATE-ARSFC-2022-2602.

**Tabla 2.** Ubicación de los puntos de muestreo de insectos Hymenoptera en cada zona de conservación de la Reserva Madrigal de Podocarpus, BO=zona bosque, conservada; RE=zona en proceso de restauración.

<i>Zonas</i>	<i>Coordenada</i>		<i>Altitud</i>
	<i>X</i>	<i>Y</i>	
<i>BO1</i>	703566,69	9551899,06	2487 m
<i>BO2</i>	703324,81	9551950,93	2479 m
<i>BO3</i>	703134,80	9552002,45	2469 m
<i>RE1</i>	702928,65	9552235,16	2448 m
<i>RE2</i>	702843,35	9552329,69	2442 m
<i>RE3</i>	702956,01	9552497,86	2366 m

### 5.3.1.2. Identificación de los ejemplares colectados

En esta fase se trabajó en el laboratorio, se identificaron los insectos capturados del orden Hymenoptera a nivel de familia, utilizando las claves de Fernández y Sharkey (2006). Las muestras de los especímenes fueron depositadas en el Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja LOUNAZ (Anexo 2).

### 5.3.1.3. Análisis de diversidad y de abundancia

Para el análisis de diversidad y abundancia se trabajó a nivel de familias del orden Hymenoptera, tanto en la zona conservada, como en la zona en proceso de restauración ecológica. Para calcular la diversidad se emplearon el índice de Shannon – Wiener ( $H'$ ) y el índice de Simpson.

- Índice de Shannon – Wiener

Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia de los taxones de una muestra; además, mide el grado promedio de incertidumbre, en referencia a la predicción de a qué taxón pertenecerá un individuo seleccionado al azar de una colección, asumiendo que todos los individuos se pueden seleccionar al azar y que existe representatividad en la muestra. Adquiere un valor entre cero, cuando existe un solo taxón, y el logaritmo de S (S=número total de taxones), cuando todos los taxones muestreados están representados por el mismo número de individuos (Moreno, 2015).

La fórmula de cálculo empleada corresponde a:

$$H = -\sum p_i \log p_i \quad \text{Ec. 1}$$

Donde

$p_i$ = proporción o abundancia relativa, de cada taxón en la población.

Log= logaritmo base 10.

$\Sigma$ = la sumatoria sobre los “S” taxones ( $i=1, 2, \dots, S$ ) de la población.

- Índice de Simpson

Este índice manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean del mismo taxón. El índice está influido por la importancia de los taxones más dominantes. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$  (Moreno, 2015).

$$\lambda = \sum p_i^2 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde

$p_i$  = abundancia proporcional del taxón, es decir, el número de individuos del taxón dividido entre el número total de individuos de la muestra.

### **5.3.2. Interpretación de la relación entre la diversidad de las comunidades de himenópteros y el nivel de conservación en la Reserva el Madrigal**

Para el presente estudio se consideraron como variables dependientes la abundancia, la riqueza y la diversidad de familias del orden Hymenoptera, mientras que la variable independiente fue el estado de conservación (zona conservada y zona en proceso de restauración).

Para poder comparar abundancia, riqueza y diversidad de Hymenoptera en los dos niveles de conservación se empleó la prueba U de Mann-Whitney mediante el uso del software PAST versión 1.0.0.0. Esta prueba requiere dos grupos muestreados de forma independiente y evalúa si difieren en una sola variable continua (MacFarland, 2016). Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

**H<sub>0</sub>:** La diversidad de himenópteros en la Reserva privada Madrigal de Podocarpus no es sensible a los cambios que sufre el ecosistema al avanzar la restauración ecológica.

**H<sub>1</sub>:** La diversidad de himenópteros en la Reserva privada Madrigal de Podocarpus es sensible a los cambios que sufre el ecosistema al avanzar la restauración ecológica.

Para representar las distribuciones de los resultados se utilizó el diagrama boxplot ya que muestra medidas de tendencia central no paramétrica (mediana), dispersión (cuartiles), forma de distribución o simetría de muestra (valores de puntos mínimos y máximos), valores atípicos y extremos (Neto et al., 2017).

Para calcular la similitud se empleó el software PAST versión 1.0.0.0., en donde se trabajó con el índice Bray-Curtis que es un coeficiente de similitud que mide las diferencias en abundancia de los taxones que componen las muestras e ignora los casos en los cuales el taxón está ausente en ambas muestras (Mendoza, 2015). Adicionalmente, se realizó una prueba de similitud ANOSIM que permite evaluar si existen diferencias significativas, el índice utilizado es Bray-Curtis que mide las diferencias en abundancia de las familias que componen las muestras e ignora los casos en los cuales la familia está ausente en ambas muestras, esta prueba se realizó en el software PAST.

## 6. Resultados

### 6.1. Identificar la diversidad de himenópteros en una zona en proceso de restauración ecológica y en una zona conservada en la Reserva Madrigal del Podocarpus

En el área estudiada se obtuvo un registro total de 2646 individuos en las dos zonas de estudio, 1545 individuos corresponden a la zona conservada y 1103 a la zona en proceso de restauración, estos individuos se encuentran distribuidos en 29 familias de insectos del orden Hymenoptera, las cuales están identificadas hasta el nivel de familia.

La familia con mayor número de individuos en la zona conservada fue Ichneumonidae (38,6 %), mientras que en la zona de restauración la familia dominante fue Ichneumonidae (37 %) tal como se puede observar en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Número de individuos y abundancia correspondientes a las familias de Hymenoptera identificados en las dos zonas de conservación (zona conservada, zona restaurada) de la Reserva Madrigal del Podocarpus.

Familias	Zona Conservada	% Zona Conservada	Zona Restaurada	% Zona Restaurada
<b>Ichneumonidae</b>	596	38,6%	408	37%
<b>Diapriidae</b>	190	12,3%	52	5%
<b>Braconidae</b>	257	16,7%	316	29%
<b>Vespidae</b>	17	1,1%	32	3%
<b>Formicidae</b>	282	18,3%	8	1%
<b>Figitidae</b>	13	0,8%	17	2%
<b>Proctotrupidae</b>	14	0,9%	7	1%
<b>Pergidae</b>	14	0,9%	10	1%
<b>Eurytomidae</b>	3	0,2%	5	0%
<b>Ceraphronidae</b>	3	0,2%	4	0%
<b>Eulophidae</b>	10	0,6%	16	1%
<b>Embolemidae</b>	2	0,1%	0	0%
<b>Apidae</b>	9	0,6%	30	3%
<b>Scelionidae</b>	54	3,5%	51	5%

<b>Pteromalidae</b>	25	1,6%	40	4%
<b>Evaniidae</b>	7	0,5%	14	1%
<b>Pompilidae</b>	7	0,5%	9	1%
<b>Bethylidae</b>	16	1,0%	37	3%
<b>Mymaridae</b>	8	0,5%	13	1%
<b>Dryinidae</b>	8	0,5%	16	1%
<b>Eucharitidae</b>	1	0,1%	0	0%
<b>Encyrtidae</b>	1	0,1%	4	0%
<b>Eupelmidae</b>	1	0,1%	5	0%
<b>Halictidae</b>	2	0,1%	4	0%
<b>Trichogrammatidae</b>	0	0,0%	1	0%
<b>Cabronidae</b>	0	0,0%	1	0%
<b>Alauidae</b>	0	0,0%	1	0%
<b>Chrysididae</b>	1	0,1%	0	0%
<b>Sphecidae</b>	2	0,1%	2	0%
<b>TOTAL</b>	1543		1103	

Los índices de Shannon y Simpson permiten identificar que el área restaurada registra mayor diversidad de familias ( $H = 2,032$  y  $D = 0,7724$ ). Sin embargo, en cuanto a la riqueza de familias, la zona conservada y la zona en proceso de restauración presentaron el mismo valor ( $n=26$ ). En lo que respecta a la abundancia de individuos, la zona conservada ( $n=1543$  individuos) tuvo mayor abundancia en comparación a la zona restaurada ( $n=1103$ ) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades de insectos del orden Hymenoptera de la Reserva Madrigal del Podocarpus.

<b>Estado</b>	<b>Riqueza Familias</b>	<b>Abundancia Individuos</b>	<b>SHANNON (H)</b>	<b>SIMPSON (1-D)</b>
<b>Conservación</b>	26	1543	1,877	0,7724
<b>Restauración</b>	26	1103	2,032	0,7714



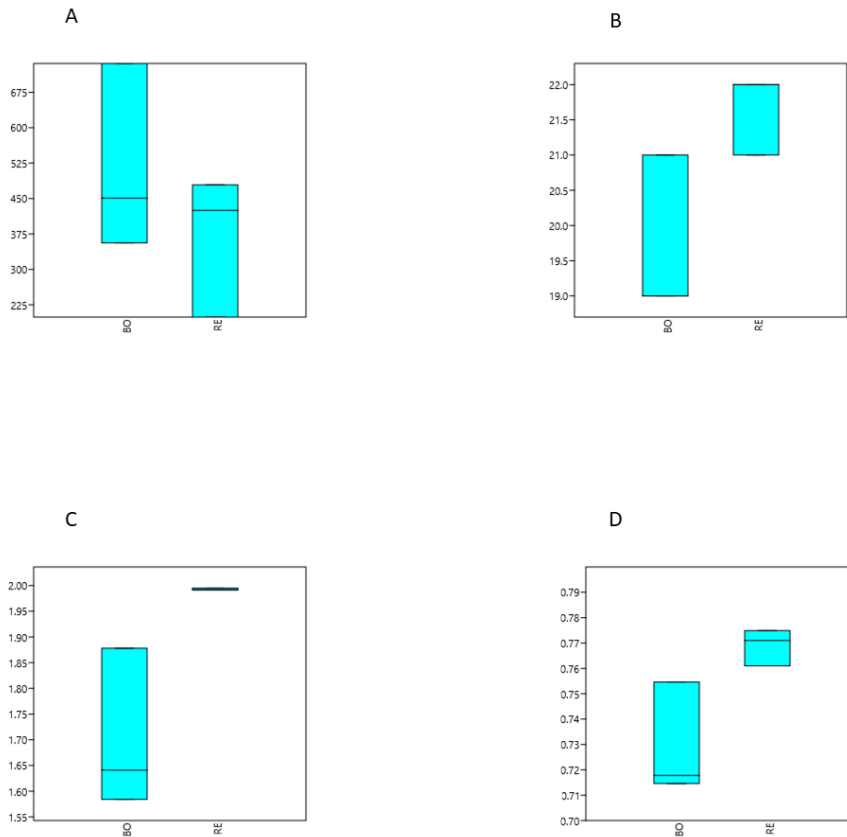
**6.2. Interpretar la relación entre la diversidad de las comunidades de himenópteros y el nivel de conservación en la Reserva Madrigal del Podocarpus.**

En este estudio se llevó a cabo una prueba U de Mann-Whitney para la comparación de la abundancia, riqueza y diversidad de familias del orden himenóptera en las dos zonas de conservación. En la Tabla 5 se puede observar que ninguna de las diferencias resultó significativa (Tabla 5).

**Tabla 5.** Prueba de U de Mann-Whitney y nivel de significancia (p-valor) para la comparación de la abundancia, riqueza y diversidad de familias de himenópteros de la Reserva Madrigal del Podocarpus.

<b>Variables D</b>	<b>p(valor)</b>	<b>U</b>
<b>Abundancia</b>	0,6625	3
<b>Riqueza</b>	0,1102	0,5
<b>Shannon_H</b>	0,0809	0
<b>Simpson_1-D</b>	0,0809	0

Al comparar las métricas analizadas en los dos niveles de conservación se puede observar que la zona conservada tiene valores mayores en abundancia (Figura 2A), pero la zona en restauración presentó una mayor riqueza (Figura 2B) y diversidad (Figura 2C, 2D). Sin embargo, ninguna resultó significativa, como se dijo previamente.



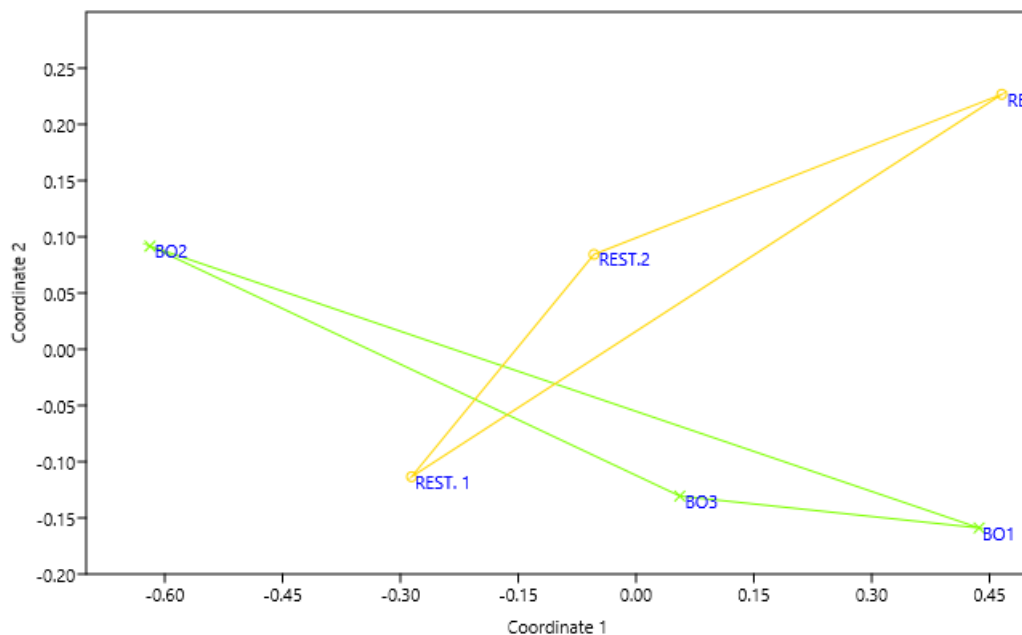
**Figura 2.** Diagrama boxplot para la abundancia(A), riqueza (B), diversidad de Shannon (C) y Simpson (D) de las familias de himenópteros de la Reserva Madrigal del Podocarpus en dos niveles de conservación: zona de bosque (conservada) (BO) y zona en proceso de restauración (RE).

Al considerar las diferencias entre comunidades aplicando el índice de *Bray-Curtis* (Figura 3), los resultados indican claramente que las muestras se agrupan por el nivel de conservación, destaca la similitud entre la zona conservada punto 3 y la zona en proceso de restauración punto 1, además, es relevante el punto 1 y el punto 2 de la zona en proceso de restauración, son las más similares entre sí, mientras que el punto 2 de la zona conservada y el punto 3 de la zona en proceso de restauración están más alejadas de las otras muestras.

**Tabla 6.** Similitud entre las comunidades de familias de himenópteros de la Reserva Madrigal del Podocarpus en las tres réplicas de los dos niveles de restauración (BO = zona de bosque, conservada; RE = zona en proceso de restauracion) aplicando el índice de similitud de Bray-Curtis.

Bray-Curtis	BO 1	BO 2	BO 3	RE 1	RE 2	RE 3
<b>BO 1</b>		0,66504409	0,88582354	0,9124704	0,85653088	0,73437106
<b>BO 2</b>	0,66504409		0,76676453	0,73948949	0,79345496	0,44956487
<b>BO 3</b>	0,88582354	0,76676453		0,97066221	0,97021952	0,63846678
<b>RE 1</b>	0,9124704	0,73948949	0,97066221		0,94334907	0,66244273
<b>RE 2</b>	0,85653088	0,79345496	0,97021952	0,94334907		0,61322588
<b>RE 3</b>	0,73437106	0,44956487	0,63846678	0,66244273	0,61322588	

No obstante, estas diferencias en las comunidades de las dos zonas de conservación, quedan representadas gráficamente en la prueba de similitud no paramétrica (ANOSIM) donde se observa que ambas comunidades difieren en su composición ( $R = -0,1111$ ). Pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p = 0,709$ ) según el índice de Bray-Curtis.



**Figura 3.** Similitud entre las comunidades de familias de himenópteros de la reserva Madrigal del Podocarpus en las tres réplicas de los dos niveles de restauracion (BO= zona de bosque, conservada; RE = zona en proceso de restauracion) aplicando el índice de similitud de Bray-Curtis.

## 7. Discusión

De acuerdo con Fernández (2002) en el neotrópico se han identificado 77 familias, es decir, que el presente estudio ha registrado el 36,36 % de estas familias, lo que representa una cantidad considerable teniendo en cuenta que el muestreo estuvo limitado a una reserva privada y en un período corto de dos meses. Guarango (2022) menciona que en su investigación desarrollada en un área periurbana de la ciudad de Cuenca se encontraron alrededor de 32 familias de himenópteros, siendo las más abundantes Mymaridae, Pteromalidae, Formicidae, Ichneumonidae y Figitidae. Por ejemplo, Nieta et al. (2004) muestrearon la granja de la Universidad del Chocó, Colombia, durante 12 meses, identificando 40 especies distribuidas en 8 familias de Hymenoptera, por lo que se podría considerar que en la presente investigación se ha logrado una buena muestra de la diversidad de familias de este grupo para esta región.

Otro dato importante se relaciona con los polinizadores, ya que se encontraron tres familias de polinizadores (Halictidae, Apidae y Cabronidae), pero apenas 46 individuos, 11 en la zona conservada y 35 en la zona restaurada. De acuerdo con Tapia et al. (2011), en muchos de los casos la ausencia de estos especímenes se debe a la inadaptación de los organismos a las condiciones de su entorno, o a la complejidad de las relaciones entre las plantas y los insectos, imposibilitando la reproducción de estas especies. De acuerdo con Mazón et al. (2020), la baja presencia de los polinizadores en ecosistemas andinos se debe a la alta humedad durante el muestreo, o en algunos casos al método de muestreo, ya que el uso de las trampas Malaise puede no ser el método más apropiado para la colecta de abejas, como es el caso de las trampas con cebo, embudo de Berlese, entre otras.

Por otra parte, las familias que presentaron mayor abundancia en el muestreo son de hábito parasitoide: Ichneumonidae, Braconidae y, en menor medida, Diapriidae, las cuales repercuten de forma directa sobre la regulación natural de otros insectos, principalmente de larvas herbívoras de lepidópteros y coleópteros, de los cuales muchos constituyen plagas (Pérez, 2004), por lo que es importante para el mantenimiento de un buen equilibrio de las comunidades de insectos que pueden generar daños potenciales al ecosistema. Además, de acuerdo con Mazón et al. (2016) las avispas parasitoides, a pesar de situarse en el tercer o cuarto nivel en la cadena trófica, son sensibles a cambios en el ecosistema y pueden representar la

diversidad de otros taxones. Es por ello que, por su estrecha relación con las plantas, tanto los polinizadores como los parasitoides son empleados como indicadores de perturbaciones y recuperación en los ecosistemas (Castro, 2010).

La familia Formicidae también representó uno de los principales grupos, notoriamente abundante en la zona conservada. Esta familia tiene hábito principalmente depredador, aunque también existen algunos géneros, como *Atta*, que son herbívoros y pueden causar severas defoliaciones (Zanetti et al., 2014). La familia Formicidae son un grupo altamente recomendado como bioindicador en el neotrópico para monitorear cambios ambientales, al ser poco tolerantes a cambios (Fuster, 2013), por lo que su baja presencia en el ecosistema en proceso de restauración podría ser un indicio de que el nivel de perturbación todavía no se ha reducido lo suficiente como para ser comparable con la zona de referencia, y por tanto no se podría afirmar que el ecosistema está completamente restaurado.

Los índices de Shannon y Simpson permitieron identificar al área restaurada como aquella de mayor diversidad de familias del orden Hymenoptera ( $H = 1,877$  y  $D = 2,032$ ), de manera similar a lo que encontró López (2019) en la reserva biológica Tapichalaca. Esta aparente mayor diversidad registrada se atribuye en especial a que los himenópteros parasitoides, claramente mayoritarios en los muestreos, se adaptan de mejor forma a los sitios con una baja a moderada perturbación. En este caso conformados por bosques jóvenes en procesos de recuperación con una estructura bien desarrollada de vegetación herbácea y arbustiva (González-Moreno et al., 2018). En cualquier caso, las diferencias en diversidad entre las zonas conservadas y las zonas en proceso de restauración no fueron significativas. De acuerdo con Fraser et al. (2007), los bosques frondosos que presentan una mayor riqueza de especies de árboles son mejores para conservar la abundancia y diversidad de himenópteros, en especial de los parasitoides, por lo que se podría decir que el proceso de restauración de la Reserva Madrigal va por buen camino y, aunque a nivel florístico presente diferencias (Jiménez, 2017), estructuralmente podría ser suficiente para la recuperación de la diversidad de familias de himenópteros.

En cuanto a la riqueza de familias, la zona conservada y la zona en proceso de restauración presentaron valores similares, mientras que la abundancia fue mayor en la zona conservada, pero ninguna de las diferencias fue significativa. De acuerdo con Mazón et al.

(2017) en el caso de los himenópteros, la riqueza y la abundancia son sensibles a fuertes cambios en el nivel de conservación del ecosistema, ya que registraron diferencias significativas entre áreas conservadas y áreas degradadas en bosque andino, pero no entre éstas y áreas en proceso de restauración. En cambio, Gould et al. (2013) en su estudio en las montañas de Hawai sí encontraron una significativamente mayor riqueza y abundancia de familias de himenópteros en las zonas restauradas con respecto a zonas de pastizal y bosque nativo. La presencia y la riqueza de los himenópteros depende directamente de las condiciones climáticas de la zona de estudio, la cobertura vegetal propias de un sotobosque que cubre la zona, las especies vegetales con que se restauró la zona intervenida y la proximidad de las zonas de restauración con respecto a los bosques nativos (Gould et al., 2013), por lo que el hecho de que las áreas en proceso de restauración evaluadas en el presente estudio se encuentren dentro de un área protegida puede estar favoreciendo que no se encuentren diferencias entre los dos niveles de conservación.

La mayor similitud de acuerdo con Bray-Curtis se encuentra entre las zonas en proceso de restauración y las zonas conservadas, con una pequeña diferencia entre la similitud de las zonas en proceso de restauración, por lo que las zonas en restauración son las que más parecido tienen entre sí en cuanto a la riqueza y abundancia. De acuerdo con el estudio de Figueroa et al. (2021), dos áreas protegidas de México intervenidas con especies nativas de la zona, presentaron una alta similitud de familias, al igual que en el presente estudio. Se debe tener en cuenta que, en este estudio se ha llegado a una identificación a nivel de familia; un nivel taxonómico que a pesar de ser amplio, puede reflejar el estado de salud de un ecosistema y su complejidad debido a los diversos hábitos que desarrollan estos grupos y su amplia complejidad de comportamiento (Fernández, 2002). Sin embargo, las relaciones entre los insectos y el ecosistema a niveles taxonómicos inferiores, como género y especie, podrían dar mayor información, puesto que se podrían diferenciar especies endémicas, rangos tróficos de cada una o el uso que cada especie hace de un determinado hábitat (Iriando, 2000). No obstante, el limitado conocimiento de los comportamientos o los hábitos tróficos de muchas especies de himenópteros, especialmente los parasitoides del neotrópico, puede ser una barrera para establecer con certeza la relación entre cada especie y el nivel de conservación del ecosistema (Fernández y Sharkey, 2006).

## 8. Conclusiones

- Las familias del orden Hymenoptera son similares entre los dos niveles de conservación, aunque los valores de diversidad fueron mayores en el área restaurada pero la abundancia fue mayor en el área conservada, dado por las 29 familias de insectos registrados en ambas zonas, donde los parasitoides dominaron estas áreas. Estas limitadas diferencias indican un proceso adecuado (pero no concluido) de restauración en la reserva, facilitado por encontrarse en contacto directo con las zonas de conservación y dentro de los límites de un área de protección.
- Las comunidades de himenópteros presentan una mayor similitud entre sí en las zonas restauradas que en las zonas de bosque, puesto que en ambos niveles presentaron comunidades muy similares lo que supone que la zona restaurada esté asemejándose funcionalmente a la zona conservada, lo que refleja un proceso de restauración, aunque sea en su estadio más temprano.

## **9. Recomendaciones**

- Evaluar las condiciones climáticas y cómo la variación de éstas influye en la diversidad de las familias de himenópteros, para de esta forma poder definir la época en la que hay una mayor diversidad y abundancia. De esta forma se podrá capturar una mayor cantidad de individuos, para complementar los análisis estadísticos, al presentar una mayor cantidad de datos.
- Profundizar en niveles taxonómicos inferiores para corroborar si las relaciones aquí observadas siguen presentándose.



## 10. Bibliografía

- Ariza, A., & Isaacs, P. (2015). Monitoreo a la restauración ecológica desde la escala del paisaje. In *Monitoreo a procesos de restauración ecológica*.
- Baker. (2017). Investigación de regeneración natural de plantas vasculares en la Reserva Madrigal del Podocarpus. *Independent Study Project (ISP)*, 1–23.
- Balaguer, L. (2014). Restauración ecológica. *Universidad de Madrid, January*.
- Brachfield, P. J. (2010). *Lucha contra la degradación de la tierra*. Global Environment Facility.
- Bravo, E. (2014). *Biodiversidad del Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Castro, S. (2010). *Diversidad De Hexápodos Del Suelo Y Caracterización De Las Parcelas En Restauración En T Abaconas (San Ignacio, Cajamarca)*. 169.
- De Roodt, A. (2015). *Los Determinantes de la Salud y la Salud Ambiental*.
- Delgado, C. (2008). *Himenópteros (insecta: hymenoptera) asociados a guayabal común y a guayaba manzana ((Psidium guajava L.) en el Guamo - Tolima (Colombia)*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Duarte, N., Cuesta, F., Terán, A., Pinto, E., Arcos, I., Solano, A., & Torres, O. (2017). *Protocolo para monitoreo de áreas de restauración ecológica en los bosques montanos de la Cordillera Occidental del Ecuador* (CONDESAN (ed.); Primera Ed).
- Fernández. (2002). Filogenia y sistemática de los himenópteros con aguijón en la Región Neotropical (Hymenoptera Vespomorpha). *Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática PrIBES 2002 Monografías Tercer Milenio*, 2, 101–138.
- Fernández, F., & Sharkey, M. (2006). Biología y diversidad de Hymenoptera. In F. Fernández & J. Sharkey (Eds.), *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical* (Primera

- Ed, Vol. 53, Issue 9, pp. 755–760). Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia.
- Fernández, S., & Pujade, J. (2015). Orden Hymenoptera. *Revista IDE@-SEA*, 48(59), 1–13.
- Figuerola, J., Mejía-Ramírez, A., Martínez, A., Pineda, S., Ponce, J., Sánchez-García, J., & Champo-Jiménez, O. (2021). Diversidad de especies de *Blacus* (Hymenoptera: Braconidae, Blacinae) en dos ecosistemas forestales de Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 1–15. <https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712316>
- Fraser, S., Dytham, C., & Mayhew, P. (2007). Determinants of parasitoid abundance and diversity in woodland habitats. *Journal of Applied Ecology*, 44(2), 352–361. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01266.x>
- Fuster, A. (2013). *Hormigas (Hymenoptera: Formicidae), indicadoras de perturbación en un ecosistema forestal, en el Chaco Semiárido Argentino*. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Gligo, N., Barkin, D., Brzovic, F., Durán, H., Gallopín, G., De Botero, M., Ortiz, F., Pengue, W., Rofman, A., Sejenovich, H., Villamil, J., Alonso, G., Brailovsky, A., Carrizosa, J., Fernández, P., Leal, J., Morales, C., Panario, D., Rodríguez, M., ... Sunkel, O. (2021). La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe. In *La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.18356/9789210047425>
- González-Moreno, A., Bordera, S., Leirana-Alcocer, J., Delfín-González, H., & Ballina-Gómez, H. S. (2018). Explaining variations in the diversity of parasitoid assemblages in a biosphere reserve of Mexico: Evidence from vegetation, land management and seasonality. *Bulletin of Entomological Research*, 108(5), 602–615. <https://doi.org/10.1017/S0007485317001134>
- González, C., Vallarino, A., Pérez, J. C., & Low, A. (2014). *Bioindicadores* (C. González, A.

- Vallarino, J. C. Pérez, & A. Low (eds.); Primera Ed). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).
- González, M. (2015). *Evaluación de los servicios ecosistémicos ofrecidos por insectos polinizadores en un cultivo de maracuyá (Passiflora edulis) y lulo (Solanum quitoense), en las veredas Chancos y Samaría, Riosucio (Caldas, Colombia)*. Universidad Icesi Facultad.
- Gould, R. K., Pejchar, L., Bothwell, S. G., Brosi, B., Wolny, S., Mendenhall, C. D., & Daily, G. (2013). Forest Restoration and Parasitoid Wasp Communities in Montane Hawai'i. *PLoS ONE*, 8(3), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059356>
- Guarango, P. M. (2022). Diversidad y composición de Hymenoptera durante los meses de mayo de 2020 hasta abril de 2021, y su relación con factores climáticos en una zona perirubana al norte de la ciudad de Cuenca - Ecuador. In *Universidad del Azuay* (Issue 8.5.2017). Universidad del Azuay.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Mc Graw Hill Education (ed.); Sexta edic).
- Iriondo, J. M. (2000). Taxonomía y conservación: dos aproximaciones a un mismo dilema. *Portugaliae Acta Biol*, 19, 1–7.
- Jiménez, D. (2017). *Generación de indicadores florísticos para el monitoreo de la restauración ecológica en áreas degradadas del bosque siempreverde montano de la cordillera Oriental de los Andes Sur (BsMn02)*. Universidad Nacional de Loja.
- López, X. (2019). *Evaluación de las comunidades de himenópteros como indicadores del avance de la restauración ecológica en la reserva biológica Tapichalaca, Zamora Chinchipe*.
- Luna, A., & Paccha, J. (2018). *Evaluación del control de plantas pioneras para la restauración*

- de ecosistemas andinos incendiados*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- MAE. (2012). Leyenda Ecosistemas Ecuador. *Subsecretaría de Patrimonio Natural*, 186.
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37, 385–408.
- Mazón, M., Alvarez, P., Santín, J., & Aguirre, N. (2017). Insectos vs suelo: la importancia de elegir indicadores para el monitoreo de la restauración ecológica. *Memorias Del Primer Congreso Ecuatoriano de Reastauracion Del Paisaje, September*, 144–157.
- Mazón, M., López, X., & Romero, O. (2020). Hymenoptera functional groups' shifts in disturbance gradients at Andean forests in Southern Ecuador. *Journal of Hymenoptera Research*, 80, 1–15. <https://doi.org/10.3897/JHR.80.60345>
- Mazón, M., Maita, J., & Aguirre, N. (2017). Restauración del paisaje en latinoamérica: experiencias y perspectivas futuras. In *Memorias del primer congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje*.
- Mazón, M., Sánchez, D., Díaz, F. A., & Gaviria, J. C. (2016). Metodología para el monitoreo participativo de la restauración ecológica con estudiantes de primaria en plantaciones de cacao de Mérida, Venezuela. *Biota Colombiana*, 17(1), 16–25. <https://doi.org/10.21068/c2016v17r01a02>
- Mendoza, A. (2015). La suficiencia taxonómica como herramienta para el monitoreo de artrópodos epígeos: una primera aproximación en el desierto Peruano. *Ecología Aplicada*, 14(2), 147–156.
- Ministerio del Ambiente. (2018). Sinergias entre degradación de la Tierra y cambio climático en los paisajes agrarios del Ecuador. *Ministerio Del Ambiente Del Ecuador*, 88, 5–88.
- Mola, I., Sopeña, A., & de Torre, R. (2018). Guía Práctica de Restauración Ecológica. *Fundación Biodiversidad Del Ministerio Para La Transición Ecológica*, 77.

- Montatixe Sánchez, C. I., & Eche Enríquez, M. D. (2021). Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra*, 8(1), 1–15. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.1735>
- Moreno, C. (2015). Métodos para medir la biodiversidad. In Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo., Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe UNESCO, & Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA) (Eds.), *Syria Studies* (Segunda Ed, Vol. 7, Issue 1). GORFI, S.A.
- Municipio de Loja. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Municipio de Loja* (Municipio de Loja (ed.); Primera).
- Nadal, A., & Aguayo, F. (2020). *Los motores de la degradación ambiental. El Modelo macroeconómico y la explotación de los recursos naturales en América Latina*.
- Neto, J. V., Barbosa, C., Torres, É. M., & Estrela, C. (2017). Boxplot : a Visual Resource for Analysis and Interpretation of Quantitative Data. *Rev. Odontol. Bras. Central*, 26(76), 1–6.
- Nieta, J., Cortés, H., & Madrigal, A. (2004). Los himenópteros asociados a una parcela agroforestal de *Borojoa patinoi*, *Cedrela odorata*, *Apeiba aspera* e *inga spectabilis* en la granja de la universidad del Chocó, municipio de Lloró, Chocó. In *Revista Colombiana de Entomología* (Vol. 30, Issue 2, pp. 233–239). <https://doi.org/10.25100/socolen.v30i2.9561>
- ONU. (2018). Objetivo 13. Acción por el clima. In *Sustainable development goals*.
- Pérez, N. (2004). Manejo ecológico de plagas. In Nidia Pérez (Ed.), *Transformando el campo cubano* (Primera Ed). Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural.
- Prefectura de Loja. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja* (Prefectura de Loja (ed.); Primera).
- Puentestar, W. (2015). La problemática ambiental y el deterioro de los recursos naturales en el

- Ecuador, una perspectiva desde la geografía. In *Pontifica Universidad Católica del Ecuador*. Pontifica Universidad Católica del Ecuador.
- Rosado, M. G. (2013). *Estudio del uso de hábitat de paramo y bosque montano del oso andino ( Tremarctos ornatus ) a través de la composición de la dieta en la cuenca del Río San Simón , Ecuador*. 1–42.
- Tapia, A., Nogales, F., & Ordóñez, L. (2011). *Estrategia Nacional para la Conservación de los polinizadores*.
- Ugalde, J. A. (2014). Gestión de Información e indicadores para restauración y conservación de ecosistemas. *INBio*.
- UNEP, & WCMC. (2016). El Estado de la biodiversidad en América Latina y el Caribe. In Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Ed.), *UNEP-WCMC* (Primera Ed).
- Vargas, O. (2008). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino* (Universidad Nacional De Colombia (ed.)).
- WWF. (2017). *Guía de Monitoreo de la Restauración a Escala de Sitio* (WWF (ed.); Primera Ed). WWF.
- Zanetti, R., Zanuncio, J. C., Santos, J. C., Da Silva, W. L. P., Ribeiro, G. T., & Lemes, P. G. (2014). An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. *Forests*, 5(3), 439–454. <https://doi.org/10.3390/f5030439>
- Zumado, M. A., & Azofeifa, D. (2018). Insectos de importancia agrícola. *Guía Básica de Entomología*, 204 pp.

## 11. Anexos

### Anexo 1. Permiso de investigación MAATE



GUILLERMO LASSO  
PRESIDENTE

#### AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 2602

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

#### 1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

#### 2.- CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2022-2602

#### 3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2022-10-23	2023-10-23

#### 4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal
--------

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

#### 5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C.I/Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
0151669991	MAZON MORALES MARINA	Española	724187058.		Insecta

## Anexo 2. Certificado de tenencia



Of. No. 01-2024-LOUNAZ-FARNR-UNL

Loja, 29 de enero de 2024

Estudiante de Ing. Ambiental, UNL

Teresa Marisol Encalada Vera

Proyecto: "Diversidad de himenópteros como indicadores del avance de la restauración ecológica en la reserva Madrigal del Podocarpus"

### CERTIFICADO DE DEPÓSITO DE MUESTRAS

De mis consideraciones,

Por medio de la presente confirmo la recepción de 23 lotes de muestras de invertebrados y 657 insectos montados en alfileres entomológicos, que fueron colectados bajo el permiso de investigación N° MAATE-ARSFC-2022-2602, en la Reserva Madrigal del Podocarpus, Cantón Loja.

Estas muestras han sido depositadas en el Museo de Zoología LOUNAZ de la Universidad Nacional de Loja, bajo normas museológicas estándar. Los números de ingreso de los especímenes recibidos son los siguientes:

- Insectos montados en alfileres:
  - LOUNAZ I 0013938-0014595
- Lotes de invertebrados en alcohol:
  - LOUNAZ L00024-L00048

Atentamente,



Blga. Aura Paucar Cabrera, Ph.D.

**MUSEO DE ZOOLOGÍA LOUNAZ-UNL**

Patente: MAATE-MCMEVS-2023-034

CC

Ing. Vinicio Andrés Escudero Armijos

**TÉCNICO-DOCENTE DEL MUSEO DE ZOOLOGÍA LOUNAZ-UNL**

Ciudad Universitaria "Guillermo Falcón Espinosa" Casita letra "B"  
Teléfono 2547-252 Ext. 301, 2547-200



**Anexo 3.** Ubicación de las trampas Malaise de la Reserva Madrigal del Podocarpus.



**Anexo 4.** Identificación de los insectos Hymenoptera de la reserva Madrigal del Podocarpus.



**Anexo 5.** Certificado de traducción del Resumen (Abstract).

**CERTIFICADO DE TRADUCCION DEL RESUMEN (ABSTRACT)**

Pablo Iván Ríos Becerra. Msc

**LICENCIADO DE INGLES**

Certifico:

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado : **“Diversidad de himenópteros como indicadores del avance de la restauracion ecológica en la Reserva Madrigal del Podocarpus”** de autoría de Teresa Marisol Encalada Vera ,egresada de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de La Universidad Nacional de Loja ,previa a la obtención del título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente . Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Mercadillo ,17 de marzo del 2024



Pablo Iván Ríos Becerra, Msc

**LICENCIADO DE INGLES**

CI: 1103143564

Celular: 0980668207