UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TEMA:

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PARASITOIDISMO EN LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO A DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN

Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de:
INGENIERA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORA: María del Cisne Jiménez Álvarez

DIRECTORA: Marina Mazón, Ph.D.

LOJA-ECUADOR

2017

CERTIFICACIÒN

En calidad de Directora de la tesis titulada **"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PARASITOIDISMO EN LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO A DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN"**, de autoría de la señorita **María del Cisne Jiménez Álvarez**, egresada de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, certifico que se ha realizado dentro del cronograma aprobado, por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, diciembre de 2017.

Atentamente,

Marina Mazón., Ph.D.

DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICACIÒN

En calidad de Tribunal Calificador de titulada **"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PARASITOIDISMO EN LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO A DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN"**, de autoría de la señorita **María del Cisne Jiménez Álvarez**, egresada de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, certifican que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por sus miembros.

Por lo tanto, autorizamos a la señorita egresada, su publicación y difusión.

Loja, 07 de diciembre de 2017.

Atentamente,

Blgo. William Alejandro Zury, Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL ----------

Ing. Vinicio Alvarado, Mg.Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL ----------

Ing. Santiago García, Mg. Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL ----------

AUTORÍA

Yo, María del Cisne Jiménez Álvarez, declaro ser autor de la presente tesis titulada **"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PARASITOIDISMO EN LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO A DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN"**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

María del Cisne Jiménez Álvarez

C.I.: 1104256308

Loja, 11 de diciembre de 2017.

CARTA DE AUTORIZACIÒN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÒN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÒN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, María del Cisne Jiménez Álvarez, declaro ser autor de la presente tesis titulada **"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PARASITOIDISMO EN LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO A DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN"**, como requisito para optar al grado 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 al mundo la producción intelectual de la Universidad. A través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional (RDI):

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los once días del mes de diciembre de dos mil diecisiete, firma la autora.

Firma: ----------

Autora: María del Cisne Jiménez Álvarez

Número de cédula: 1104256308

Dirección: Loja, Urbanización La Laguna

Correo electrónico: madel.cisne1994@gmail.com

Teléfono:

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Marina Mazón, Ph.D.

Tribunal de Grado: Blgo. William Alejandro Zury, Mg. Sc

Ing. Vinicio Alvarado, Mg.Sc.

Ing. Santiago García, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Expreso mis más sinceros agradecimientos a todos quienes de alguna manera contribuyeron en la realización de la presente investigación.

A Dios por permitirme culminar con éxito una de las etapas más importantes en mi vida y por haber permitido alcanzar una de mis metas más grandes.

A mi familia por todo el apoyo brindado durante todo este proceso, en especial a mi madre y hermanos por ser un constante ejemplo de perseverancia y sacrificio, por todo el apoyo y amor incondicional brindado y por enseñarme e inspirarme a luchar para conseguir mis objetivos.

A mi Directora de Tesis, Marina Mazón, Ph.D., le agradezco de forma muy especial por todas sus enseñanzas, su apoyo y su paciencia en todo momento que permitieron culminar de la mejor manera mi trabajo de investigación.

Al Ing. Zhofre Aguirre, Ph.D., y a Claudia Núñez, Mg, Sc., por la colaboración brindada en el desarrollo de la fase de campo y laboratorio del trabajo de tesis.

A la Universidad Nacional de Loja, en especial a todo el personal docente de la Carrera de Ingeniería y Conservación del Medio Ambiente, por todos sus conocimientos que contribuyeron a mi formación ética y profesional.

Al personal del laboratorio Entomológico de la Universidad Nacional de Loja, a la Reserva" El Madrigal" y el PUEAR por facilitar el espacio para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Y finalmente, a José Jaime, por su apoyo incondicional en todo este proceso y por su valiosa contribución en el desarrollo del presente trabajo de investigación y a Sandra por todo su apoyo y valiosa amistad.

La Autora

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por mantenerme fuerte y perseverante a pesar de las dificultades que nos presenta la vida.

A mi madre, María Isabel, por haber sido desde siempre mi pilar fundamental en la vida, por ser una mujer perseverante y luchadora, que ha enfrentado con valor todos los días difíciles que hemos tenido. Gracias por todo el amor y apoyo incondicional, por ser la mejor mamá del mundo y por enseñarme a confiar en mí para poder lograr cosas grandes. Eres mi vida entera, mi heroína y mi ángel.

A mis hermanos, a Miguel Ángel por todo su apoyo, paciencia y cariño en cada momento de mi vida, a Jorge Luis por ser mi mayor ejemplo a seguir, mi inspiración y mi motivación más grande y que a pesar de la distancia siempre está presente en mi corazón, y a mi pequeño hermanito, Andrés Sebastián por alegrarme siempre los días y por ser un ángel más en mi vida.

A mi segunda mamá, Paolita, por ser un ejemplo de mujer luchadora, por su apoyo incondicional y por todo el cariño brindado siempre.

La Autora

ÍNDICE GENERAL

Contenido **Pág.**

1. INTRODUCCIÒN…….. 1

2. REVISIÒN DE LITERATURA……..... 3

2.1. Ecosistema de bosque andino……..... 3

2.2. Recuperación de ecosistemas de bosque andino…… 3

2.3. Indicadores ecológicos para monitorear la recuperación de ecosistemas……. 4

2.4. Funciones del ecosistema y su importancia en el equilibrio biológico…….. 5

2.5. Interacciones interespecíficas en un ecosistema……... 6

2.5.1. Concepto de parasitoidismo……..... 6

2.5.2. Parasitoidismo y su relación con el equilibrio de un ecosistema……..... 7

2.5.3 Características e importancia de los parasitoides……..... 7

2.6. Hymenoptera parasitoides……..... 8

2.6.1. Relación hospedero-parasitoide……. 8

2.6.2. Ciclo biológico de los himenópteros parasitoides…… 9

2.7. Parasitoidismo en el orden Lepidoptera y Coleoptera……... 11

2.7.1. Parasitoidismo en el Orden Lepidoptera……..... 11

2.7.2. Parasitoidismo en el Orden Coleoptera……. 11

2.8. Antecedentes sobre el estudio de niveles de parasitoidismo……..... 11

3. MATERIALES Y MÈTODOS……... 13

3.1. ÀREA DE ESTUDIO……..... 13

3.1.1. Ubicación Política y Geográfica……..... 13

3.1.2. Descripción del Área de Estudio…… 13

3.1.2.1. Suelos……..... 15

3.1.2.2. Clima……. 15

3.1.2.3. Fauna y Flora…… 15

3.2. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR LA TASA DE PARASITOIDISMO EN LARVAS Y PUPAS DE LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS ASOCIADAS A CINCO ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN DOS

ÁREAS CON DISTINTO NIVEL DE RECUPERACIÓN…… 16

3.2.1. Fase de Campo…… 16

3.2.2. Fase de Laboratorio……... 19

3.2.3. Análisis de datos……. 22

3.3. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA RELACIÒN ENTRE LOS DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÒN Y EL NIVEL DE PARASITOIDIMO EN LEPIDOPTEROS Y COLEOPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO……... 23

3.3.1. Análisis de Datos……..... 24

3.4. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÒN DE LA RELACIÒN ENTRE DIVERSIDAD DE PARASITOIDES Y FUNCIÒN DE PARASITOIDISMO EN LOS DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN……. 25

3.4.1. Identificación de ejemplares…….. 25

3.4.2. Análisis de datos……. 25

4. RESULTADOS……... 28

4.1. TASA DE PARASITOIDISMO EN LARVAS Y PUPAS DE LEPIDÓPTEROS Y COLEOPTEROS ASOCIADAS A CINCO ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN DOS ÀREAS CON DISITNTOS NIVELES DE RECUPERACIÒN…….. 28

4.1.1. Tasa de parasitoidismo en relación a las especies vegetales…….. 29

4.1.2. Tasa de parasitoidismo en relación a las zonas o niveles de recuperación…… 31

4.1.3. Tasa de parasitoidismo en relación a los lepidópteros y coleópteros recolectados……. 32

4.2. RELACIÒN ENTRE LOS DISITNTOS NIVELES DE RECUPERACIÒN Y EL NIVEL DE PARASITOIDISMO DE LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO…….. 34

4.2.1. Relación del nivel de parasitoidismo en función de cada especie vegetal……. 34

4.2.2. Relación del nivel de parasitoidismo en función del nivel de recuperación…….. 37

4.3. RELACIÓN ENTRE DIVERSIDAD DE PARASITOIDES Y FUNCIÒN DE PARASITOIDISMO EN LOS DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÒN……... 37

4.3.1. Diversidad de parasitoides…….. 37

4.3.2. Índices de diversidad…… 38

4.3.3. Relación diversidad de parasitoides/ Función de parasitoidismo…… 39

5. DISCUSIÒN…… 40

5.1. NIVEL DE PARASITOIDISMO EN LARVAS Y PUPAS DE LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS Y SU RELACIÒN ENTRE LAS ESPECIES VEGETALES Y LOS DISITNTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN……... 40

5.2. RELACIÒN ENTRE DIVERSIDAD DE PARASITOIDES Y FUNCIÒN DE PARASITOIDISMO EN LOS NIVELES DE RECUPERACIÓN……..... 47

6. CONCLUSIONES……... 51

7. RECOMENDACIONES…….. 52

8. BIBLIOGRAFÍA……. 53

9. ANEXOS……. 62

INDICE DE CUADROS

Contenido		Pág.
Cuadro 1.	Promedios anuales meteorológicos de la Estación La Argelia…….....	15
Cuadro 2.	Zonas de recuperación identificadas en la Reserva El Madrigal…….....	17
Cuadro 3.	Zonas de recuperación identificadas en el PUEAR……	17
Cuadro 4.	Especies vegetales seleccionadas para el muestreo de larvas y pupas de lepidópteros y coleópteros…….	18
Cuadro 5.	Total de individuos recolectados e individuos parasitados en los diferentes niveles de recuperación en la Reserva El Madrigal y el PUEAR……..	28
Cuadro 6.	Tasa de parasitoidismo en relación a las especies vegetales en la Reserva El Madrigal……	29
Cuadro 7.	Tasa de parasitoidismo en relación a las especies vegetales en el PUEAR……..	30
Cuadro 8.	Tasa de parasitoidismo en relación a los niveles de recuperación en la Reserva El Madrigal……..	31
Cuadro 9.	Tasa de parasitoidismo en relación a los lepidópteros y coleópteros recolectados en la Reserva El Madrigal…….	32
Cuadro 10.	Tasa de parasitoidismo en relación a los lepidópteros y coleópteros recolectados en el PUEAR…….	33
Cuadro 11.	Resultados del nivel de significancia (*p*) obtenidos del análisis de varianza ANOVA (H) para cada área de estudio al comparar el nivel de parasitoidismo con respecto a cada especie vegetal……..	35
Cuadro 12.	Resultados del nivel de significancia (*p*) obtenidos del análisis de varianza ANOVA (H) para cada área de estudio al comparar el nivel de parasitoidismo en los distintos niveles de recuperación…….	36
Cuadro 13.	Abundancia y Riqueza Total de Hymenoptera parasitoides que emergieron de los lepidópteros y coleópteros recolectados en el periodo abril-junio de 2016 en ambas áreas de estudio……..	38
Cuadro 14.	Índices de Shannon (H), Simpson (D) y Riqueza (S) de los Hymenoptera parasitoides en cada nivel de recuperación en ambas áreas de estudio....	38
Cuadro 15.	Resultados del análisis de correlación entre los índices de diversidad y la tasa de parasitoidismo en ambas áreas de estudio……..	39

ÌNDICE DE TABLAS

Pág.		Pág.
Tabla 1.	Matriz de datos para la presentación de los resultados obtenidos durante la fase de campo y laboratorio……..…….....	23
Tabla 2.	Variables dependientes e independientes ingresadas en el programa Statistica 7.0 para el análisis de varianza (ANOVA) no paramétrico……..…….....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido		Pág.
Figura 1.	Ciclo de vida de parasitoide larval……..	10
Figura 2.	Mapa base de la Reserva El Madrigal y el PUEAR……	14
Figura 3.	Búsqueda visual y captura manual de larvas y pupas…….....	19
Figura 4.	Ejemplo de cría de larva de lepidóptero en laboratorio a lo largo de todo su ciclo biológico, desde la fase de larva hasta la emergencia del adulto……...	20
Figura 5.	Aspirador de boca……...	20
Figura 6.	Triangulo de papel……..	20
Figura 7.	Montaje de coleópteros……...	21
Figura 8.	Montaje de parasitoides……..	21
Figura 9.	Cámara de humedad realizada manualmente……..	22
Figura 10.	Montaje de lepidópteros……..	22
Figura 11.	Comparación de la tasa de parasitoidismo en relación a las especies vegetales en el PUEAR y la Reserva El Madrigal……..	31
Figura 12.	Comparación de la tasa de parasitoidismo en relación a las familias de lepidópteros y coleópteros recolectados en el PUEAR y la Reserva El Madrigal……..	34
Figura 13.	Box Plot del nivel de parasitoidismo en relación a cada especie vegetal en ambas áreas de estudio……	36
Figura 14.	Box Plot del nivel de parasitoidismo en relación al nivel de recuperación (ZAR, ZMR, PB) en ambas áreas de estudio…….....	37

ÌNDICE DE ANEXOS

Contenido		Pág.
Anexo 1.	Base de datos sintetizada obtenida durante la fase de laboratorio (cría, montaje e identificación de los individuos recolectados) en la Reserva El Madrigal…….....	62
Anexo 2.	Base de datos sintetizada obtenida durante la fase de laboratorio (cría, montaje e identificación de los individuos recolectados) en el PUEAR……	65
Anexo 3.	Abundancia y Riqueza total de las larvas y pupas del orden Coleoptera y Lepidoptera recolectadas en campo en ambas àreas de estudio……..	67
Anexo 4.	Valores de los ìndices de diversidad de cada especie de Hymenopetera parasitoides identificados en ZAR y ZMR en ambas àreas de estudio…	67
Anexo 5.	Valores de la corelaciòn de Spearman entre la tasa de parastoidismo y los indcies de diversidad en cada zona de recuperaciòn en ambas àreas de estudio…….	69
Anexo 6.	Fotografías del poceso de investigaciòn en la fase fase de laboratorio.…….....	69

ACRÒNIMOS

PUEAR	Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro
ANOVA	Análisis de Varianza
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
PB	Punto Blanco
ZAR	Zona altamente recuperada
ZMR	Zona medianamente recuperada

“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PARASITOIDISMO EN LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO A DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN”

RESUMEN

Los ecosistemas de bosque andino a pesar de su gran importancia ecosistémica, han sido degradados en su gran mayoría debido principalmente a la actividad antropogénica como la deforestación, quema de bosques, invasión de especies exóticas, entre otras. Un ecosistema con diversos procesos de perturbación conlleva a la pérdida de biodiversidad y a la alteración de las funciones ecosistémicas esenciales para el buen funcionamiento del ecosistema. Una de las funciones más sensibles corresponde al parasitoidismo, la asociación biológica entre un insecto parasitoide y otro hospedero, por su acción en la regulación de poblaciones. En el presente estudio se relacionó el nivel de parasitoidismo con el estado de recuperación de un ecosistema de bosque andino en la ciudad de Loja en dos áreas de estudio, la Reserva El Madrigal y el PUEAR. Se determinó tres niveles de recuperación (PB, ZAR y ZMR), y cinco especies vegetales comunes en cada área de estudio para la recolección de larvas y pupas de Lepidópteros y Coleópteros. Luego de la cría de larvas y pupas en la fase de laboratorio se contabilizó los individuos adultos de cada orden para el cálculo de la tasa de parasitoidismo. Se recolectó en total 172 individuos de larvas y pupas obteniendo una tasa de parasitoidismo general del 65,53%, un nivel medio a alto de parasitoidismo en ambas áreas de estudio. *Alnus acuminata* fue la especie vegetal que presentó una mayor tasa de parasitoidismo en la Reserva El Madrigal y en el PUEAR. En el estudio estadístico comparativo entre los niveles de recuperación, la tasa de parasitoidismo y las especies vegetales se evidenció que no existe diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las áreas de estudio, por lo que se cree que la función de parasitoidismo se encuentra en un buen proceso de recuperación. Además, se evidenció una correlación negativa entre la función de parasitoidismo y la diversidad de parasitoides. Se concluye que los niveles de parasitoidismo dentro de este estudio podrían verse afectados no solo por la diversidad y abundancia de parasitoides, sino también por la estructura y variabilidad de las redes alimenticias en las que se encuentra inmensa.

Palabras claves: Bosque andino; niveles de recuperación; parasitoidismo; larvas y pupas; Hymenoptera parasitoides.

ABSTRACT

The Andean forest ecosystems, in spite of their great ecosystemic importance, have been degraded in their great majority due mainly to the anthropogenic activity such as deforestation, burning of forests, invasion of exotic species, among others. An ecosystem with diverse processes of disturbance leads to the loss of biodiversity and to the alteration of the essential ecosystem functions for the proper functioning of the ecosystem. One of the most sensitive functions corresponds to parasitoidism, the biological association between a parasitoid insect and another host, for its action in the regulation of populations. In the present study, the level of parasitoidism was related to the state of recovery of an Andean forest ecosystem in the city of Loja in two study areas, the El Madrigal Reserve and the PUEAR. Three levels of recovery were determined (PB, ZAR and ZMR), and five common plant species in each study area for the collection of larvae and pupae of Lepidoptera and Coleoptera. After the breeding of larvae and pupae in the laboratory phase, the adult individuals of each order were counted for the calculation of the parasitoidism rate. A total of 172 individuals of larvae and pupae were collected, obtaining a general parasitoidism rate of 65.53%., A medium to high level of parasitoidism in both study areas. Alnus acuminata was the plant species that presented a higher rate of parasitoidism in the El Madrigal Reserve and in the PUEAR. In the comparative statistical study between the levels of recovery, the rate of parasitoidism and the vegetal species it was evidenced that there are no statistically significant differences in any of the study areas, reason why it is believed that the parasitoidism function is in a good recovery process. In addition, there was a negative correlation between the parasitoid function and the diversity of parasitoids. It is concluded that the levels of parasitoidism within this study could be affected not only by the diversity and abundance of parasitoids, but also by the structure and variability of the food webs in which it is immense.

Keywords: Andean forest; recovery levels; parasitoidism; larvae and pupae; Hymenoptera parasitoids.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques andinos constituyen a nivel global uno de los biomas de mayor prioridad de conservación por su alta diversidad biológica y por la gran aportación de diversos servicios ecosistémicos (Tejedor-Garavito et al., 2012; Fallis, 2013). Sin embargo, en la actualidad la gran mayoría de estos ecosistemas presentan alteraciones de estructura y funcionamiento debido a su degradación por presiones antrópicas y cambios climáticos (Aguirre et al., 2015), lo cual pone en peligro la biodiversidad a mediano y largo plazo (OMM – PNUMA, 2002). En Ecuador, especialmente la región sur, no está exenta de esta problemática, ya que solo en la provincia de Loja se ha podido evidenciar que el valor de regeneración del bosque es seis veces menor que la tasa de fragmentación (Toraracchi, 2005), siendo las principales causas de esta perturbación, la deforestación y quema de bosques, la invasión de especies exóticas y el sobrepastoreo, entre otras (Gálvez et al., 2003).

Un ecosistema con diversos procesos de perturbación natural y antrópica conlleva a una fragmentación de las comunidades vegetales endémicas dando como resultado varios remanentes de hábitats naturales y sinantrópicos, cada uno con sus propias condiciones abióticas (Mahecha-Jiménez et al., 2011). Es así que, tanto los cambios en las condiciones ambientales de cada remanente como la disminución de la diversidad por pérdida de hábitat, alteran las diferentes funciones ecosistémicas esenciales para el buen funcionamiento de un ecosistema (Quintero-Ángel et al., 2012).

La asociación biológica entre un insecto parasitoide y otro hospedero, conocida como parasitoidismo, es considerada como una de las principales funciones de un ecosistema debido a que los parasitoides cumplen un papel fundamental en la regulación de poblaciones de otros insectos, manteniendo así un balance ecológico, lo cual se ve alterado por los efectos de la fragmentación, provocando variaciones en sus niveles fuera de lo normal, lo que desequilibra el funcionamiento de un ecosistema (Ruíz -Cancino et al., 2011; Vanoye-Eligio et al., 2015).

Existe una gran diversidad de parasitoides, englobando especies correspondientes a distintos órdenes de insectos; sin embargo, el grupo de himenópteros es considerado uno de los principales debido a su alta abundancia y diversidad de especies (Souza et al., 2006). Además, según Fernández y Sharkey (2006), los himenópteros parasitoides pueden ser uno de los mejores bioindicadores debido a que éstos representan la biodiversidad de sus hospederos (lepidópteros y coleópteros, principalmente) a los cuales atacan, y además se ha observado que

este grupo es sensible a perturbaciones ecológicas, características que hace de estos himenópteros candidatos ideales para estudios de biodiversidad y de calidad ambiental (Martínez, 2008).

Bajo este contexto, en esta investigación se pretende relacionar el nivel de parasitoidismo como una de las principales funciones ecosistémicas, con el estado de recuperación de un ecosistema de bosque andino, el cual fue considerado por la presente investigación por presentar alta vulnerabilidad ante un posible escenario de cambio climático (Aguirre et al., 2015), con la finalidad de contribuir en la tarea de conocer el nivel de recuperación que puede presentar un ecosistema con antecedentes de perturbación, además de fomentar investigaciones posteriores que indaguen más sobre esta temática de estudio.

El presente trabajo de investigación está orientado a través del cumplimiento de los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Determinar el nivel de parasitoidismo en las especies de los órdenes Lepidoptera y Coleoptera presentes en el ecosistema de bosque andino de la provincia de Loja a distintos niveles de recuperación.

Objetivos Específicos

- Identificar la tasa de parasitoidismo en larvas y pupas de lepidópteros y coleópteros asociadas a cinco especies vegetales presentes en dos áreas con distinto nivel de recuperación.
- Determinar si existe una relación entre los distintos niveles de recuperación y el nivel de parasitoidismo de lepidópteros y coleópteros en un ecosistema de bosque andino.
- Evaluar la relación entre diversidad de parasitoides y función de parasitoidismo en los distintos niveles de recuperación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Ecosistema de bosque andino

El bosque andino es el ecosistema localizado en una altitud que oscila entre los 1.000 m.s.n.m y 3.500 m.s.n.m en las áreas tropicales y entre los 1.500 m.s.n.m y 2.500 m.s.n.m en las áreas subtropicales (Tobón, 2009). El amplio rango altitudinal que presenta este ecosistema permite que exista una gran variedad de condiciones ambientales, físicas y geográficas, que dan lugar a la presencia de una gran biodiversidad de importancia global, además de cumplir un papel fundamental en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos como es la contribución en la regulación hídrica y el mantenimiento de una alta calidad de agua (Cuesta et al., 2009; Tobón, 2009).

Los Andes tropicales cubren un área de aproximadamente 1.542.644 km^2 en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile, y contienen la mayor parte de los ecosistemas de bosques andinos (Tejedor-Garavito et al., 2012). El Ecuador tiene una superficie terrestre de aproximadamente 277.000 km^2, de los cuales se estima que 144.040 km^2 de tierra son de uso preferentemente forestal, es decir, el 52% del territorio nacional, correspondiendo a los bosques naturales 119.620 km2, que representan el 43% de la superficie total del Ecuador (MAE, 2010). Factores como la ubicación geográfica del país, la presencia de la Cordillera de los Andes y la influencia de corrientes marinas determinan que el Ecuador disponga de gran variedad de climas y formaciones vegetales, situándose entre los 10 países de mayor biodiversidad del mundo. Parte de esta riqueza la constituyen sus bosques montanos, en los cuales crecen alrededor de 5.000 especies arbóreas (Ecuador Forestal, 2007). De igual forma, la región sur es parte de una gran biodiversidad ya que se caracteriza por una topografía irregular y un amplio gradiente altitudinal, lo que conlleva a generar una alta diversidad forestal, faunística y entomológica (Toraracchi, 2005).

2.2. Recuperación de ecosistemas de bosque andino

Los bosques ocupan actualmente unos 4.000 millones de hectáreas a nivel mundial, que representan cerca del 31% de la superficie del planeta y contienen al menos el 80% de la biodiversidad terrestre. Aunque cada vez se reconoce más claramente el valor ambiental, social, cultural y económico de los bosques, las tasas de deforestación mundial continúan siendo elevadas: cada año se pierden unos 13 millones de hectáreas de bosques (Cevallos, 2014). En el caso de la provincia de Loja, el ecosistema de bosque andino ha sufrido hasta la actualidad una pérdida considerable de su biodiversidad debido al crecimiento urbano y la conversión de

bosques en pastizales para ganado, convirtiéndose de esta forma en un riesgo ecológico. Estos ecosistemas registran una tasa de regeneración cinco veces menor que la tasa de desaparición, a lo que debe sumarse un efecto de borde que vendría a incrementar un 15% dicha tasa de pérdida del bosque primario (Toraracchi, 2005).

Según Mart (2005), una perturbación es un suceso discreto en el tiempo que altera la estructura de los ecosistemas, de las comunidades o de las poblaciones, y cambia los recursos. Existen tres tipos de perturbaciones: las que alteran la estructura del bosque (incendios, viento, la explotación forestal, entre otros), las que alteran la composición de especies del bosque, por ejemplo, la introducción o eliminación de nuevas plantas o animales, y las que alteran el clima en el cual funciona el bosque, como es el caso de los cambios climáticos bruscos (OMM – PNUMA, 2002). De igual forma, Gálvez et al. (2003) sostiene que el efecto de las perturbaciones sobre los ecosistemas depende de la magnitud del agente perturbador y la susceptibilidad del ecosistema.

Sin embargo, los procesos de perturbación suelen ser reversibles, de modo que existe la posibilidad de remediar estos ecosistemas perturbados, es decir recuperarlos. Es así que la SER (2004) define a la restauración ecológica como el proceso de ayudar al restablecimiento o recuperación de un ecosistema degradado, dañado o destruido. Por lo tanto, para conseguir que un ecosistema perturbado se recupere existen diversos mecanismos dentro de la restauración ecológica aplicables según el estado en que se encuentre un ecosistema perturbado, entre ellos se puede mencionar regeneración natural asistida, reforestación, corredores biológicos o la reintroducción de especies, entre otras (Gálvez et al., 2003).

Se pueden mencionar algunos casos en donde se ha logrado exitosamente la recuperación de ecosistemas de bosque andino. Un ejemplo sería el estudio llevado a cabo en Bogotá, en el bosque altoandino de Chisacá, con antecedentes de fragmentación, donde se logró activar un proceso de sucesión vegetal mediante plantaciones de *Lupinus bogotensis* (Ávila y Vargas, 2011). También se puede citar los estudios realizados en cuanto a la caracterización de bancos se semillas germinables para evaluar su importancia dentro del proceso de sucesión y regeneración natural en ecosistemas de bosque andino (Borda y Vargas, 2011; Cardona-Cardozo y Vargas, 2011), entre otros casos.

2.3. Indicadores ecológicos para monitorear la recuperación de ecosistemas

El monitoreo de la eficiencia de cualquier mecanismo aplicado cumple un papel

fundamental dentro de la restauración ecológica ya que permite detectar si un sistema se mantiene estable, al compararlo de manera continua o periódica con su estado inicial (o con un intervalo de variación) (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015). Es decir, permite evaluar, por un lado, cuánto ha cambiado el mismo con respecto a su condición inicial y, por otro lado, si ha cambiado en la dirección esperada hacia un estado ideal o de referencia y qué tan cerca está de ese estado (Vargas, 2011).

Dentro del monitoreo, para la evaluación del estado del ambiente se emplean distintos indicadores, entre los cuales se encuentran los indicadores ecológicos, es decir, variables que representan la condición actual del ambiente y las tendencias de cambio en el tiempo, por lo que deben ser de fácil identificación, comprensión y fácilmente medibles (Dale y Beyeler, 2001). Según Aguilar-Garavito y Ramírez (2015), los indicadores ecológicos pueden manifestar alteraciones de la biodiversidad o de los procesos ecológicos del ecosistema en restauración, por lo que permiten realizar una evaluación de los cambios de la estructura y de las funciones del ecosistema.

2.4. Funciones del ecosistema y su importancia en el equilibro biológico

Los ecosistemas se pueden considerar como unidades cerradas que continuamente circulan la energía, nutrientes y materiales dentro de sí mismos, y eventualmente entre otros sistemas; por lo tanto, sus funciones son el resultado de los cambios e interacciones entre los componentes bióticos y abióticos (Martonas, 2014).

Según Martin y Montes (2009), los términos funcionamiento ecológico y funciones de los ecosistemas han sido a menudo usados indistintamente; ya el funcionamiento ecológico es entendido como el conjunto de procesos ecológicos, que también es inherente a las propiedades intrínsecas de los ecosistemas, y por otro lado las funciones o servicios de los ecosistemas son entendidas desde una perspectiva antropocéntrica como los beneficios proporcionados por los sistemas naturales a las sociedades humanas.

Las funciones de los ecosistemas se han dividido en cuatro categorías, de las cuales las tres últimas dependen de la primera (Martin y Montes, 2009):

- **Funciones de regulación:** la capacidad de los ecosistemas para regular los procesos ecológicos esenciales (regulación climática, control del ciclo de nutrientes, control del ciclo hidrológico, control biológico, etc.).

- **Funciones de sustrato:** la provisión de condiciones especiales para el mantenimiento de la biodiversidad.

- **Funciones de producción:** la capacidad de los ecosistemas para crear biomasa que pueda usarse como alimentos, tejidos, etc.

- **Funciones de información:** la capacidad de los ecosistemas de contribuir al bienestar humano a través del conocimiento, la experiencia, y las relaciones culturales con la naturaleza (experiencias espirituales, estéticas, de placer, recreativas, etc.).

Según Feitosa et al. (2007), dentro de un ecosistema existe la diversidad específica, funcional, estructural y fenológica, entre otras, las cuáles constituyen un aspecto fundamental en el cumplimiento de las funciones del ecosistema que aseguran la estabilidad y resiliencia del sistema. Por lo tanto, según Naeem et al. (1999), la productividad de los ecosistemas se incrementa con la riqueza de las especies, o el funcionamiento de los ecosistemas decrece, conforme el número de especies en una comunidad se reduce, además se conoce que la pérdida de grupos funcionales de una cadena alimenticia, o reducciones en el número de especies por grupo trófico (productores, consumidores, descomponedores) puede también causar una reducción en la función del ecosistema.

2.5. Interacciones interespecíficas en un ecosistema

La convivencia de diferentes especies en un mismo hábitat lleva a producirse interacciones, cuyo efecto sobre cada una de ellas puede ser muy diverso (Ramajo, 2010). Una interacción interespecifíca puede definirse como cualquier relación o interacción entre especies diferentes dentro de un ecosistema, cuya clasificación puede depender de su beneficio o costo. Las principales relaciones son depredación, competencia, comensalismo, mutualismo y parasitoidismo (Pérez, 2005).

2.5.1. Concepto de Parasitoidismo

El parasitoidismo es un tipo de asociación biológica en la cual una especie parasitoide depende de otra especie hospedadora para su reproducción y desarrollo (Strands, 2008). Según Ríos (2011), un parasitoide corresponde a un grupo de insectos que durante su estado larvario se alimentan y desarrollan dentro o sobre otro insecto hospedero en estado inmaduro (puede parasitar huevos, larvas, y pupas, aunque excepcionalmente parasitan adultos), al cual finalmente matan cuando el parasitoide completa su desarrollo; cabe destacar que durante su

estado adulto son de vida libre, y solamente se alimentan de néctar y agua.

El término parasitoide puede ser comúnmente confundido con parásito, por lo que es importante establecer una diferencia entre ambos, siendo el parásito un organismo que vive a expensas de otro hospedero y lo daña, pero que rara vez lo mata, ya que esto perjudicaría la supervivencia de los propios parásitos, mientras que el parasitoide vive a expensas de otro organismo, pero una vez que ha hecho uso de él para alimentarse, como consecuencia lo matan (Ríos, 2011).

2.5.2. Parasitoidismo y su relación con el equilibro de un ecosistema

El parasitoidismo permite determinar el estado de equilibro de un ecosistema, debido a que las especies parasitoides intervienen en las interacciones inter-específicas en la comunidad y por lo tanto influyen en la biodiversidad del ecosistema, pudiendo ser considerados potencialmente como indicadores que permitan evaluar el estado de conservación del mismo (Aldana y García, 2012).

Según Avalos et al. (2016), la tasa de parasitoidismo puede fluctuar debido al número de especies de parasitoides existentes en un ecosistema (diversidad), o por la estructura de las redes alimentarias o tróficas en las que están involucrados los parasitoides, ya que estas redes definen las interacciones alimentarias entre especies que ocupan niveles tróficos diferentes, llegando a comprender de esta manera la organización y permanencia de una comunidad ecológica.

2.5.3. Características e importancia de los parasitoides

Según Driesche et al. (2007), los parasitoides pertenecen a diversos órdenes, entre ellos Hymenoptera, Diptera, Coleoptera y Lepidoptera, siendo los parasitoides Hymenoptera los que presentan mayor abundancia y diversidad, ya que se calcula que hay 50 mil especies de este orden, y que existen un millón de especies más que aún no han sido descritas (Ríos, 2011). Además, cuando se trata de los aspectos biológicos, los vacíos de conocimiento se hacen aún más evidentes, ya que de la mayoría de las especies descritas a nivel taxonómico se desconoce su biología (Feitosa et al., 2007).

Los parasitoides se constituyen como uno de los componentes principales de muchos ecosistemas terrestres, ya que se ha observado que las cadenas alimenticias que comprenden las plantas verdes, los insectos herbívoros y sus parasitoides incluyen la mitad de todas las

especies conocidas de metazoos (Hawkins y Mills, 1996), por lo que la comprensión de los factores que determinan la riqueza de parasitoides pudiera ser un paso esencial para la comprensión de la diversidad de las comunidades terrestres en el planeta.

2.6. Hymenoptera parasitoides

Hymenoptera es uno de los mayores órdenes de insectos en cuanto a número de especies (Fernández y Sharkey, 2006) superando las 100.000 especies descritas (Goulet y Huber, 1993), con una distribución mundial, a excepción de los círculos polares (Martínez, 2008). Este orden se divide en dos subórdenes: Symphyta y Apocrita (Fernández y Sharkey, 2006). Symphyta incluye a las llamadas moscas o avispas sierra, un grupo primitivo de insectos que contiene algunos parasitoides. Apocrita comprende a las abejas, hormigas y avispas, y se divide en Parasitica y Aculeata, dos grupos parafiléticos sin entidad taxonómica, utilizados solo por conveniencia. En Parasitica se encuentran casi exclusivamente especies parasitoides, mientras que la mayoría de las especies de Aculeata son depredadoras o colectoras de polen, con unas pocas especies parasitoides (Martínez, 2008). Entre los himenópteros parasitoides las familias más numerosas son Ichneumonidae y Braconidae, ambas agrupadas en la superfamilia Ichneumonoidea dentro de los Parasitica (Rodríguez, 2015).

Según Fernández y Sharkey (2006), debido a sus características de baja diversidad genética, los himenópteros parasitoides son un grupo frágil cuando se enfrentan a la degradación ambiental, por lo que actualmente muchos grupos de Hymenoptera se están extinguiendo masivamente. Las predicciones indican que la remoción de himenópteros de los ecosistemas naturales causaría un efecto en cascada que resultaría en una mayor e irreversible declinación ambiental, ya que además de la extinción de especies de parasitoides puede conllevar a la explosión de poblaciones de insectos herbívoros, desencadenando resultados catastróficos para la economía y el ambiente (Martínez, 2008).

2.6.1. Relación hospedero-parasitoide

Los Hymenoptera parasitoides muestran gran flexibilidad en la selección de hospederos. A pesar del hecho de que todos o la mayoría de estas superfamilias tienen el mismo tipo de desarrollo, la biología de la mayoría de sus miembros se ha diversificado independientemente hacia la alimentación sobre Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, y muchos otros órdenes (Fernández y Sharkey, 2006).

Considerando la estrategia de paralización y alimentación del hospedero, se puede

clasificar a los parasitoides en dos grupos básicos: idiobiontes y cenobiontes. Los idiobiontes paralizan completamente al hospedero al realizar la oviposición, y entonces el huevo eclosiona y la larva comienza a alimentarse de su hospedero inmediatamente después que el huevo se coloca, y el hospedero presenta poco o ningún desarrollo posterior a la oviposición del parasitoide. En contraste, en el momento de la oviposición los cenobiontes paralizan solo momentáneamente a su hospedero, y la larva retarda su propio desarrollo permitiendo al hospedero alimentarse y continuar con su desarrollo normal, el cual muere cuando el parasitoide ha alcanzado el estado de adulto. Estos dos estilos de historia de vida están ampliamente distribuidos y son comunes dentro de los himenópteros parasitoides (Fernández y Sharkey, 2006).

Por otro lado, los parasitoides también pueden clasificarse según el modo en que las larvas se alimenten de sus hospederos (Ríos, 2011). Así, los que se alimentan y crecen dentro del cuerpo de su hospedero se llaman endoparasitoides, mientras aquéllos que lo hacen desde fuera del hospedero se llaman ectoparasitoides. Algunas especies ponen un solo un huevo por hospedero, por lo que se dice que son parasitoides solitarios, mientras que aquellas especies que ponen varios huevos en un mismo hospedero se denominan gregarios. Inclusive, puede haber parasitoides de los parasitoides, a los cuales se les llama hiperparasitoides.

Las señales que permiten a los parasitoides encontrar a su hospedero pueden provenir de las plantas de las que se alimenta éste, del hospedero mismo o de la interacción entre la planta y el hospedero (Ríos, 2011). Dichas señales pueden ser sustancias químicas del insecto hospedante (kairomonas) que pueden ser subproductos de su alimentación o desarrollo o sustancias volátiles provenientes del tejido dañado de la planta (Carballo, 2002), aunque también puede haber señales físicas, como la textura y los movimientos, e inclusive señales visuales, como colores y formas (Ríos, 2011). Luego participan atrayentes de corto alcance, los cuales atraen al parasitoide hacia su hospedante por medio de sustancias menos volátiles producidas por el insecto hospedante cuando se alimenta u oviposita, las cuales son percibidas por las antenas y por los sensores del ovipositor (Carballo, 2002).

2.6.2. Ciclo biológico de los himenópteros parasitoides

Los parasitoides tienen un desarrollo holometábolo, por lo tanto, su ciclo de vida comprende cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto. Los ciclos biológicos de los himenópteros desde la oviposición hasta la emergencia del adulto son por lo general muy

cortos, pudiendo durar desde unos cuantos días hasta tres o cuatro semanas. Se piensa que el periodo de incubación de los huevos varía de uno a dos días, el de larva de 1,5 a siete días y el de la pupa de cuatro a ocho días (Carballo, 2002; Martínez, 2008). Las fases del ciclo de un parasitoide (Carballo, 2002) se detallan a continuación (Figura 1):

- **Apareamiento:** Ocurre entre hembras y machos y sucede generalmente cerca del hospedero del cuál emergerán los adultos del parasitoide, aunque también puede suceder lejos del hospedante, utilizando mecanismo de atracción como las feromonas.
- **Oviposición (Parasitación):** Fase en la cual la hembra del parasitoide deposita sus huevos.
- **Desarrollo larval del parasitoide:** Esta fase depende del tamaño del insecto hospedador, de la etapa en la que fue parasitado, y si paralizó o no a su hospedador.
- **Formación de la pupa:** Ocurre cuando el parasitoide ha completado su desarrollo larval, y puede ocurrir tanto dentro del insecto hospedador como fuera de él.
- **Emergencia de los adultos:** Generalmente, los machos emergen antes que las hembras y, en el caso de parasitoides gregarios, los adultos que emergen permanecen cerca, pero cuando son solitarios se van lejos de su hospedador.

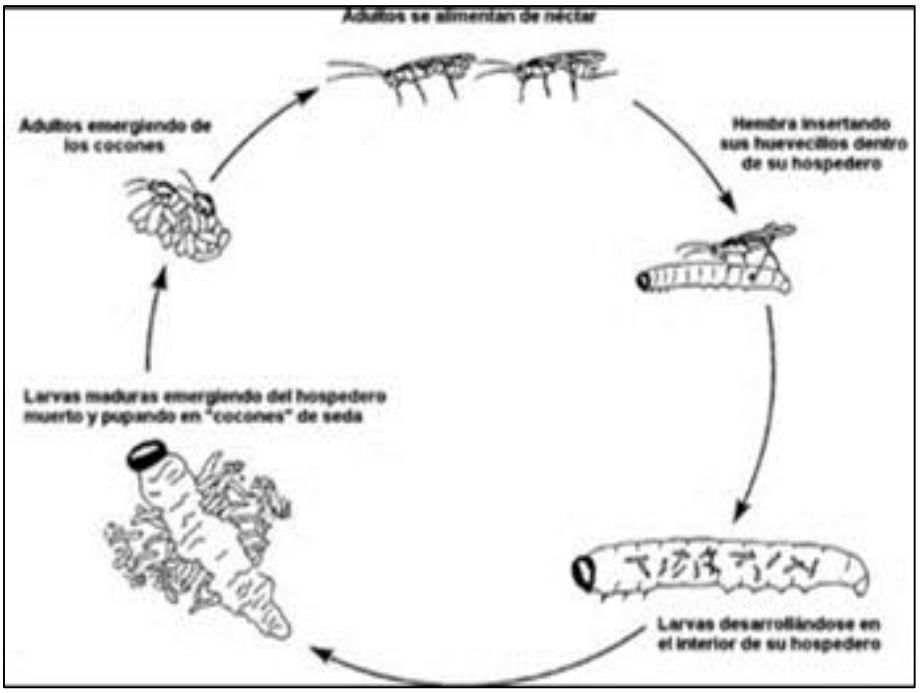

Figura 1. Ciclo de vida del parasitoide larval
Fuente: (Carballo, 2002)

2.7. Parasitoidismo en el orden Lepidoptera y Coleoptera

2.7.1. Parasitoidismo en el Orden Lepidoptera

Lepidoptera es uno de los cuatro órdenes hiperdiversos de la clase Insecta, junto con Diptera, Hymenoptera y Coleoptera. De los Lepidoptera se han descrito unas 155.000 especies, es decir constituyen el 10% del total de las especies animales; aunque las estimaciones oscilan entre 255.000 y cerca del medio millón de especies (Llorente- Bousquets et al., 2014).

El orden Lepidoptera presenta el número más grande de géneros atacados por los Hymenoptera parasitoides, con cerca de 600 géneros que sirven como hospederos, esto debido a que las larvas de lepidópteros se encuentran muy susceptibles a ser atacadas por los himenópteros parasitoides ya que no cuentan con mucha protección, además este orden presenta una alta tasa de reproductividad en comparación con otros órdenes (Fernández y Sharkey, 2006).

2.7.2. Parasitoidismo en el Orden Coleoptera

El Orden Coleoptera incluye entre 150 y 168 familias dependiendo del autor y se han descrito 350.000 especies, de las cuales, las familias Carabidae, Staphylinidae, Scarabaeidae, Buprestidae, Tenebrionidae, Cerambycidae, Chrysomelidae y Curculionidae reúnen el 68% de las especies descritas, es decir 238 mil especies (Bar, 2013).

Los himenópteros parasitoides no atacan a los coleópteros tan constantemente como sucede con los lepidópteros, aunque sí se conocen algunas familias que atacan eventualmente a este orden de insectos, como es el caso de Ichneumonidae (especialmente las subfamilias Ophioninae y Campopleginae, entre otras), Braconidae, Pteromalidae, Myrnaridae y Eucoilidae. Otra de las familias que cabe señalar es por un lado Tiphiidae, la cual está formada por avispas solitarias cuyas larvas son ectoparasitarias de larvas de coleópteros, algunos de ellos considerados plagas, y Scoliidae, los cuales son ectoparasitoides de coleópteros escarabeidos, principalmente, algunos de ellos considerados plagas como es el caso del escarabajo japonés *Popillia japonica* Newman, que ataca a varias especies de plantas de importancia comercial, entre ellas a las rosas, vides y lúpulo (Driesche et al., 2007; Strands, 2008).

2.8. Antecedentes sobre el estudio de niveles de parasitoidismo

La mayoría de los estudios en cuanto a parasitoidismo (enfocados en la relación parasitoide-

hospedero) se ha dirigido en gran parte a conocer el nivel de parasitoidismo de familias de himenópteros parasitoides sobre lepidópteros (en la gran mayoría) y coleópteros que pueden considerarse plagas para determinados cultivos. Es así que en un estudio realizado por Bosque et al. (1996), al analizar el complejo parasitario sobre cultivo de tomate en Barcelona encontraron la presencia de los parasitoides *Copidosoma floridanum* Ashmead y *Cotesia plutellae* Kurdjumov, y analizaron de igual manera su dinámica de la población de Plusiinae considerada como plaga. Un trabajo similar fue realizado en Argentina para conocer el complejo parasitario de los órdenes Hymenoptera y Diptera y la fluctuación poblacional de larvas de *Anticarsia gemmatalis* y *Rachiplusianu* (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de alfalfa y soja (Avalos et al., 2004).

En cuanto a los estudios de parasitoidismo en coleópteros específicamente, éstos han sido muy limitados y muy poco frecuentes, un ejemplo es un estudio realizado en Tamaulipas en donde se determinó los parasitoides que atacan el picudo de algodonero, *Anthonomus grandis* (Reyes-Rosas et al., 2007).

En Ecuador, a pesar de que los estudios sobre parasitoidismo son poco habituales quedando aún mucho por investigar, existen algunos casos de experiencias exitosas, como por ejemplo el estudio realizado con base en las zonas citrícolas del país, en donde se logró obtener el primer reporte en cuanto a la identificación y distribución geográfica de los parasitoides de *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), encontrando a las especies *Ageniaspis citrícola* Logvinovskaya, *Galeopsomyia sp.* y *Elasmus tischeriae* con 28,4., 2,2 y 0,07% de parasitoidismo, respectivamente (Cañarte et al., 2005).

Por otro lado, es importante mencionar que son pocos los estudios en donde se relaciona la diversidad de parasitoides con la función de parasitoidismo, ya que en la actualidad aún no se ha llegado a conocer totalmente la diversidad de este grupo funcional, especialmente en la región tropical; sin embargo, se han hecho algunos esfuerzos, como el caso de México en donde se han registrado un total de 704 especies de la familia Braconidae (Coronado-Blanco y Zaldívar-Riverón, 2014), y 1.291 especies de la familia Ichneumonidae (Ruíz-Cancino et al., 2011).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación Política y Geográfica

La investigación se llevó a cabo en dos sitios de bosque andino en el Sur del Ecuador. El primero corresponde a la Reserva El Madrigal, la cual se encuentra ubicada en el sur-oriente de la ciudad de Loja, en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus (PNP), en la microcuenca San Simón en el sector de Zamora Huayco Alto. Sus límites son: al norte con la microcuenca San Simón, al sur con propiedades privadas y con el PNP, al este limita con el PNP por el filo de la cordillera hasta la quebrada San Simón y al oeste con propiedades privadas (Castillo, 2011). Además, cuenta con un rango altitudinal que va desde los 2.200 hasta los 3.300 m.s.n.m. Su ubicación geográfica corresponde a las siguientes coordenadas: Latitud: 4° 3'1.53"S, Longitud: 79°10'9.24"O (Castillo, 2011).

El segundo sitio corresponde al Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación "Ing. Francisco Vivar Castro" (PUEAR), el cual se encuentra ubicado al sur-occidente de la ciudad de Loja, en la Ciudadela Universitaria La Argelia. Sus límites son: al norte con la propiedad perteneciente a la Caballería Cazadores de los Ríos, al sur con el Jardín Botánico "Reinaldo Espinoza", al este y oeste limita con propiedades privadas (Rojas, 2012). Además, cuenta con un rango altitudinal que va desde 2.135 a 2.520 m.s.n.m. Su ubicación geográfica corresponde a las siguientes coordenadas: Latitud: 04° 01' 37''S y Longitud: 79° 11' 07'' O (Rojas, 2012).

3.1.2. Descripción del Área de Estudio

La Reserva El Madrigal fue creada en 2003; con un área de 306 ha, en la parte alta presenta una vegetación de bosque primario andino, y en la parte media y baja corresponde a bosque intervenido en proceso de recuperación (Castillo, 2011). Desde la adquisición de la reserva por parte de la familia Tapia Castro, se han llevado a cabo actividades de conservación y protección del bosque andino, así como de recuperación de la flora nativa (Piedra, 2015). Por otro lado, el PUEAR fue creado en 1993, como un espacio natural para la educación, investigación y recreación de estudiantes de la Universidad Nacional de Loja (UNL) y del público a nivel de todo el país. Presenta un área de 99,13 ha, con una importante diversidad de fauna y flora representativa del sur del Ecuador (Aguirre et al., 2016). En la Figura 2 se muestra el mapa de ubicación de las áreas de estudio donde se llevó a cabo la presente investigación.

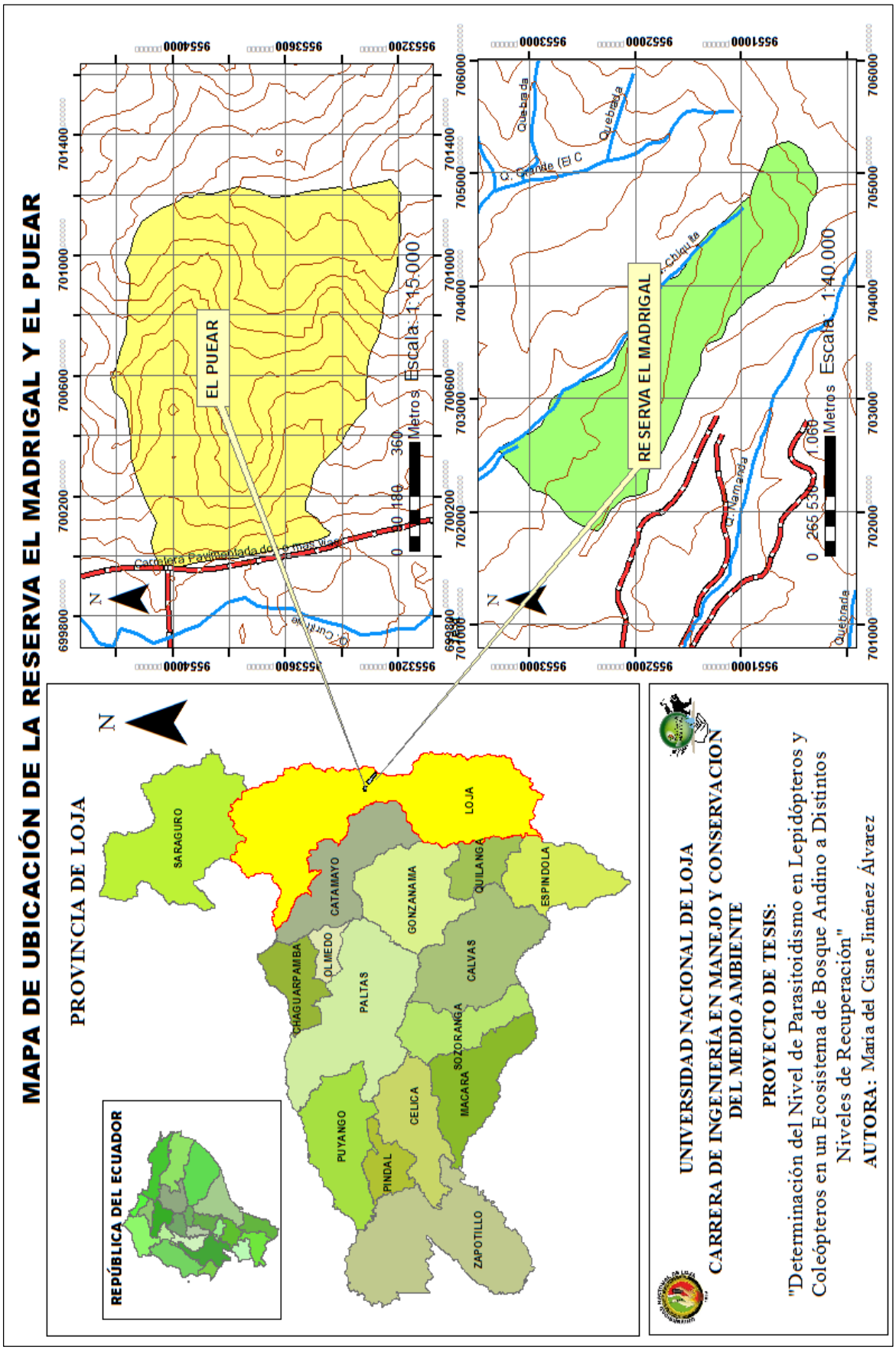

Figura 2. Mapa base de la Reserva El Madrigal y el PUEAR.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.1. Suelos

El PUEAR presenta un suelo de material parental de rocas metamórficas, de baja fertilidad, medianamente profundo (60 cm), de textura franco, franco arenoso y franco arcilloso, pH ácido, con valores bajos de materia orgánica, fósforo y potasio. Se trata de suelos coluviales donde ha existido la acción constante de fenómenos geomorfológicos que han modificado la fisiografía con grandes deslizamientos y la acción de la erosión pluvial, que ha dado como resultado la formación de estoraques y colinas (Ocampo y Duque, 1983; Guarnizo y Villa, 1995; Aguirre, 2001). La topografía del terreno es accidentada, presenta pendientes medias que fluctúan entre 40-80 % (Aguirre, 2001). En cuanto al tipo de suelos de la Reserva El Madrigal no se tiene datos científicos publicados hasta la actualidad.

3.1.2.2. Clima

El clima de la Reserva El Madrigal y el PUEAR viene condicionado por varios factores como la latitud, la altitud, el relieve, los vientos y las corrientes marinas, por lo que estos sitios presentan una época fría generalmente desde mayo a septiembre y una época caliente desde octubre a abril, categorizándose, así como un clima templado húmedo sin estación seca. Los datos climáticos que se citan a continuación son tomados de la estación meteorológica La Argelia por su proximidad hacia las áreas de estudio, aproximadamente a 200 m del PUEAR y 3,12 Km de la Reserva El Madrigal. En el Cuadro 1 se muestran los promedios anuales de los parámetros meteorológicos entre los años 2000 y 2010.

Cuadro 1. *Promedios anuales meteorológicos de la Estación La Argelia.*

Precipitación media anual	955 mm/año
Temperatura media anual	16,6 º C
Humedad relativa media	71,96 %
Velocidad del viento	3,64 – 5,44 m/s

Fuente: INAMHI, 2000-2010.

3.1.2.3. Fauna y Flora

En la Reserva El Madrigal se puede apreciar especies arbóreas como el Nogal, Cedro, Aliso, Puma maquí, Joayapas, Arrayan, Chilca, Mora de cerro, Quique, Salapa, entre las especies endémicas que destacan en peligro de extinción son la Cascarilla (*Cinchona officinalis*), entre otras. Además, el hábitat de la reserva es favorable para especies como el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), zorros (*Vulpes vulpes*), lagartija roquera (*Podarcis muralis*),

lobos de páramos (*Licalopez culpaeus*), zarigüeya andina (*Didelphis perdinegra*), palomas torcazas (*Columba fasciata*), quinde (*Amazilia amazilia*), entre otros, de igual manera presenta una gran diversidad entomológica (Piedra, 2015).

Por otro lado, en el PUEAR existen 137 especies de flora dentro de 109 géneros en 50 familias, las cuales incluyen individuos arbóreos, arbustivos, herbáceos, trepadores y rosetas, de los cuales entre los más representativos están, Aliso (*Alnus acuminata*), Cascarilla (*Cinchona officinalis*), Duco (*Clusia alata*), Cafetillo (*Palicocurea heterochroma*), Cordoncillo (*Piper bogotense*), entre otros. En cuanto a la fauna este parque cuenta con una alta diversidad en el grupo de las aves, por lo que es considerado como un punto para el avistamiento de aves, con 80 especies dentro de 68 géneros y 29 familias; en el grupo de mamíferos las especies son escasas debido a varios factores como la presencia de visitantes y el reducido tamaño del hábitat, entre otros (Aguirre et al., 2016).

3.2. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR LA TASA DE PARASITOIDISMO EN LARVAS Y PUPAS DE LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS ASOCIADAS A CINCO ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN DOS ÁREAS CON DISTINTO NIVEL DE RECUPERACIÓN

La presente metodología se desarrolló en tres fases, inicialmente la fase de campo, luego la fase de laboratorio y finalmente la fase de oficina (análisis de datos), las cuáles se detallan a continuación.

3.2.1. Fase de Campo

Para el desarrollo de la fase de campo se procedió a realizar las siguientes actividades:

- **Determinación de los niveles de recuperación**

Para la determinación de los niveles de recuperación del ecosistema de bosque andino en la Reserva El Madrigal, se consideró información secundaria por medio de entrevistas directas al propietario de la reserva, el Sr. Hugo Tapia, y por observación directa en campo del estado de la vegetación, identificando las zonas presentadas en el Cuadro 2. Además, para el desarrollo de los objetivos, se consideró como punto de muestreo al bosque primario en ambas áreas de estudio, el cual no presenta ningún tipo de perturbación, por lo que se lo denominó punto blanco.

Cuadro 2. *Zonas de recuperación identificadas en la Reserva El Madrigal.*

Zonas de recuperación	Años de recuperación	Abreviatura
Zona medianamente recuperada	5 años aproximadamente	ZMR
Zona altamente recuperada	10 años aproximadamente	ZAR
Punto Blanco	Bosque Primario (sin perturbación)	PB

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de los niveles de recuperación del ecosistema de bosque andino en el PUEAR, se consideró información secundaria publicada por la Universidad Nacional de Loja (UNL) (Ocampo, 2012; Aguirre et al., 2016), identificando las siguientes zonas (Cuadro 3):

Cuadro 3. *Zonas de recuperación identificadas en el PUEAR.*

Zonas de recuperación	Años de recuperación	Abreviatura
Zona medianamente recuperada	9 años aproximadamente	ZMR
Zona altamente recuperada	15 años aproximadamente	ZAR
Punto Blanco	Bosque Primario (sin perturbación)	PB

Fuente: Elaboración propia.

- **Identificación de las especies vegetales a muestrear**

Previamente a la primera salida de campo, se realizó un análisis documental sobre la presencia más frecuente de las especies vegetales endémicas o nativas del bosque andino, en los lugares donde se llevó a cabo el presente estudio. Posteriormente se realizó una salida de campo en donde se evidenció dos aspectos principales mediante observación directa: la preferencia de las especies vegetales por las larvas de lepidópteros y coleópteros como alimento (observación de indicios de herbivoría), y la abundancia-presencia de cada una de las especies vegetales en los niveles de recuperación definidos previamente y en ambas áreas de estudio. De igual forma, para esta selección se consideró el asesoramiento profesional por parte del Ing. Zhofre Aguirre, docente e investigador de la UNL. Finalmente, considerando los aspectos antes mencionados se seleccionó cinco especies vegetales presentes en ambos lugares de estudio y en todas las zonas de recuperación identificadas. De cada especie se seleccionó cinco individuos en cada zona de cada área de estudio para realizar el posterior muestreo, los cuales fueron marcados con una cinta roja. Las especies seleccionadas se detallan en el Cuadro 4:

Cuadro 4. *Especies vegetales seleccionadas para el muestreo de larvas y pupas de lepidópteros y coleópteros.*

Familia	Especie	Nombre común
Betulaceae	*Alnus acuminata* Kunth	Aliso
Myricaceae	*Myrsine andina* (Mez) Pipoly	Maco-maco
Caprifoliaceae	*Viburnum triphyllum* Benth	Rañez
Asteraceae	Asteraceae sp.	Asteràcea
Melastomataceae	*Miconia obscura* (Bonpl.) Naudin	Colca o sierra

Fuente: Elaboración propia.

- **Muestreo de larvas y pupas de los órdenes Lepidoptera y Coleoptera**

Para el cálculo de la tasa de parasitoidismo se realizó el muestreo de larvas y pupas de Lepidoptera y Coleoptera mediante la técnica de la búsqueda visual directa en campo en las hojas, ramas y tallo en los cinco individuos de cada una de las especies vegetales seleccionadas anteriormente (Figura 3), considerando las zonas de recuperación determinados en ambas áreas de estudio. Las larvas y pupas fueron capturadas manualmente con la ayuda de una pinza entomológica (Figura 3), con la finalidad de evitar el contacto directo de las muestras con la piel para evitar cualquier lesión que éstas pudieran ocasionar; seguidamente, las larvas y pupas colectadas fueron depositadas en recipientes de plástico con su respectiva etiqueta para su posterior identificación, para trasladarlas al laboratorio entomológico de la UNL.

En el caso de la recolección de larvas, se procedió a recolectar de igual forma hojas de cada especie vegetal en donde se encontró la larva, ya que éstas se las utilizó posteriormente como alimento en la fase de cría. Las hojas fueron almacenadas en fundas ziploc con su respectiva etiqueta de identificación, las cuales luego de su recolección se las mantuvo en refrigeración para que se conserven frescas por un lapso de 15 días aproximadamente (Barrios et al., 2012). Este proceso de muestreo se efectuó periódicamente cada 15 días por cuatro meses (abril, mayo, junio y julio), dando un total de 8 salidas por cada área de estudio, completando conjuntamente en ambos lugares de estudio un total de16 salidas de campo.

Figura 3. Búsqueda visual y captura manual de larvas y pupas.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Fase de Laboratorio

En la fase de laboratorio se realizaron los procesos que a continuación se describen.

- **Cría de larvas y pupas de lepidópteros y coleópteros**

Considerando la metodología aplicada por Hernández et al. (2007) y Barrios et al. (2012), las larvas y pupas recolectadas en la fase de campo fueron llevadas al laboratorio entomológico de la UNL y se colocaron individualmente en recipientes plásticos cubiertos con una tapa plástica perforada a fin de permitir el paso del aire, así mismo a cada recipiente se le colocó un papel húmedo en la base para mantener la humedad controlada dentro de éste y evitar la aparición de hongos. Los recipientes fueron rotulados con los datos de la colecta y en el caso de las larvas recolectadas se depositó como alimento, hojas frescas de la especie vegetal donde fueron encontrados los individuos.

Los recipientes finalmente fueron colocados en un lugar adecuado para la cría dentro del laboratorio entomológico con la ventilación y luz necesaria; los recipientes se revisaron cada 24 horas para verificar la emergencia de lepidópteros y coleópteros en la fase adulta (Figura 4) o la muerte de la larva por emergencia del parasitoide o por otras causas, llevando así un registro de cada cambio observado; además se realizó frecuentemente el recambio del alimento y del papel húmedo, así como la limpieza de los desechos acumulados en el recipiente.

Figura 4. Ejemplo de cría de larva de lepidóptero en laboratorio a lo largo de todo su ciclo biológico, desde la fase de larva hasta la emergencia del adulto.
Fuente: Elaboración propia.

- **Colecta de parasitoides, coleópteros y lepidópteros en fase adulta**

Los parasitoides y los coleópteros en la fase adulta que emergieron en los recipientes, se recolectaron mediante un aspirador de boca (Figura 5) para ser colocados en frascos plásticos con etanol al 75% con su debida etiqueta para su preservación (Medina-Gaud, 1977). En el caso de los lepidópteros en fase adulta éstos se sacrificaron mediante el método de congelación, para luego colocar a cada individuo en un triángulo de papel con la ayuda de pinzas entomológicas (Figura 6), evitando daños en su estructura (Medina-Gaud, 1977). Además, los capullos y exuvias de donde emergieron los diferentes individuos se almacenaron con su respectiva etiqueta para posteriormente ubicarlos dentro de las cajas entomológicas correspondientes.

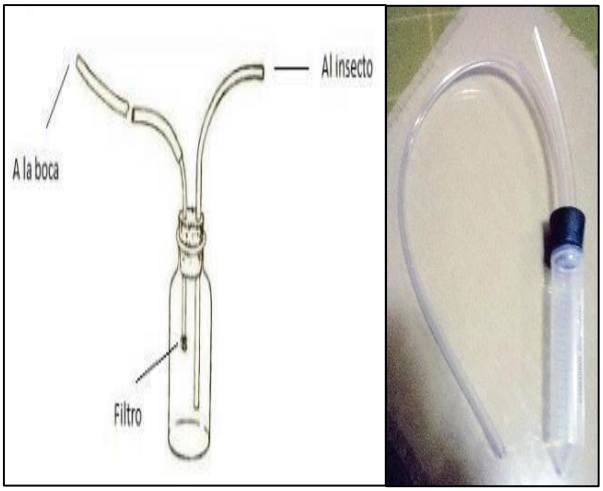

Figura 5. Aspirador de boca.
Fuente: Elaboración propia.

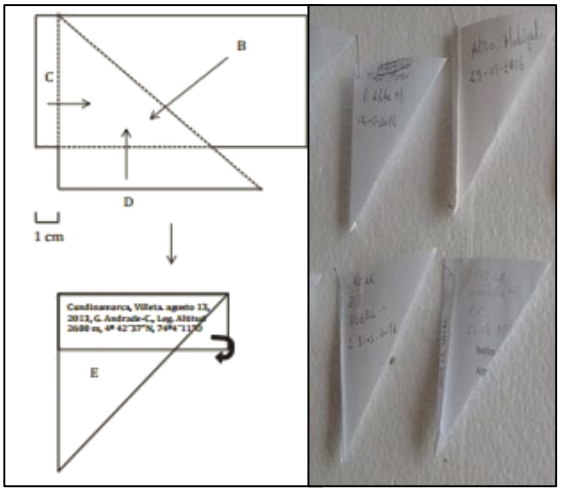

Figura 6. Triangulo de papel.
Fuente: Elaboración propia.

- **Montaje de parasitoides, coleópteros y lepidópteros**

Luego de la colección de todos los individuos en fase adulta se procedió a su respectivo montaje para su posterior identificación taxonómica. Cada orden de insectos presenta técnicas de montaje diferentes, las cuales se detallan a continuación (Medina-Gaud, 1977).

- **Parasitoides y coleópteros**

Los parasitoides y coleópteros fueron preservados en líquido (etanol al 75%), por lo que se retiró cada individuo del frasco y se colocó en una caja Petri de vidrio con la ayuda de una pinza entomológica, para extender correctamente las alas y las antenas. Posteriormente se utilizó el calor de una lámpara y segmentos de papel absorbente para el secado del alcohol sobrante para su posterior montaje en alfileres entomológicos.

En el caso de los coleópteros que presentan el tórax grande fueron atravesados cada individuo con alfileres entomológicos en el lado derecho del tórax, aproximadamente entre el segundo y el tercer par de patas (Figura 7); en el caso de los parasitoides, los cuales son de menor tamaño y más frágiles de manejar, fueron pegados con cola blanca en el costado del tórax sobre en un pequeño triángulo de papel previamente montado en alfiler (Figura 8). En cada alfiler se incluyó la etiqueta con los datos de campo correspondientes, para finalmente ser colocados en una caja entomológica.

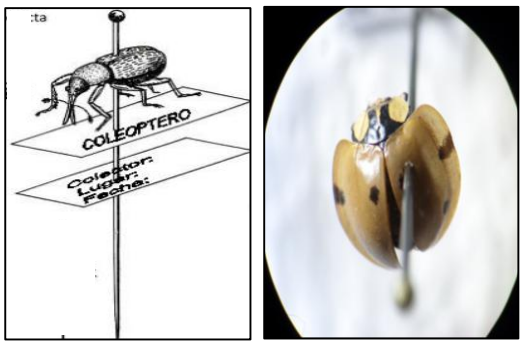

Figura 7. Montaje de coleópteros.
Fuente: Elaboración propia.

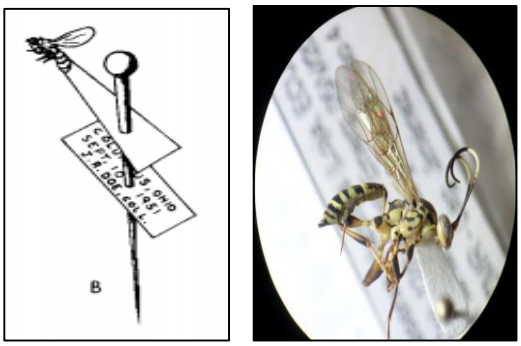

Figura 8. Montaje de parasitoides.
Fuente: Elaboración propia.

- **Lepidópteros**

Los lepidópteros fueron preservados en seco (triángulos de papel), por lo que antes de realizar su respectivo montaje fue necesario colocar cada uno de los individuos en una cámara húmeda para ablandar su cuerpo para su posterior montaje, lo cual, al no poseer el equipo en el laboratorio entomológico de la UNL, se dispuso a elaborar una manualmente (Figura 9).

Luego se colocó cada individuo en una base de espuma flex, y con mucho cuidado se abrieron las alas hasta lograr una buena posición con la ayuda de una pinza entomológica, seguidamente se colocó tiras de papel encerado y con la ayuda de alfileres se logró sujetar (Figura 10). Los lepidópteros, una vez montados, se introdujeron en una estufa a 50 ºC durante 72 horas para que se elimine la humedad y evitar la contaminación por hongos. Finalizado este tiempo, se retiraron los alfileres que sujetaban las alas y los ejemplares fueron dispuestos en cajas entomológicas con su respectiva etiqueta.

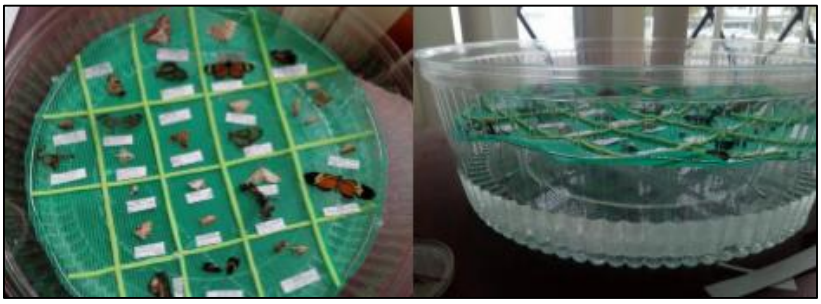

Figura 9. Cámara de humedad realizada manualmente.
Fuente: Elaboración propia

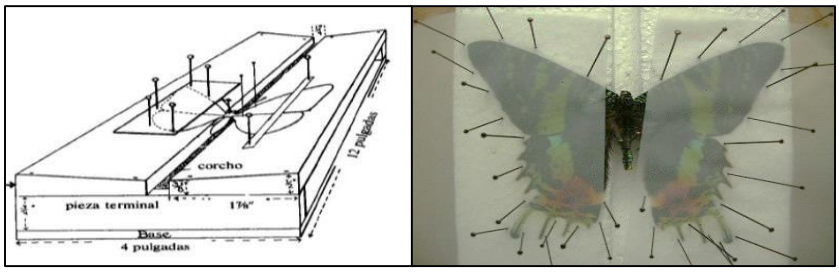

Figura 10. Montaje de lepidópteros.
Fuente: Elaboración propia

- **Identificación de los ejemplares colectados**

Una vez montados en las cajas entomológicas se procedió a identificar taxonómicamente (en su mayoría hasta género) a los lepidópteros y coleópteros colectados en fase de larva, pupa y adulta, con la ayuda de la especialista, Blga. Claudia Núñez, investigadora de la UNL y de recursos bibliográficos tales como Landry y Rindge (1995), Alayo y Hernández (1998) y Barro et al. (2011).

3.2.3. Análisis de datos

Para llevar a cabo el cálculo de la tasa de parasitoidismo en primer lugar se organizó en una base o matriz de datos en Excel, la información obtenida de los registros de campo y lo observado durante la fase de cría de las larvas y pupas colectadas, donde constan las variables

presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. *Matriz de datos para la presentación de los resultados obtenidos durante la fase de campo y laboratorio.*

N° de individuo	Ecosistema	Área de estudio	Niveles de Recup.	Fecha Muestreo	Fecha Emergencia	Sp. vegetal N. Común	Sp. Vegetal N. Científico	Larva/Pupa	Orden recolectado	Familia recolectada	Subfamilia recolectada	Género recolectado	Especie recolectado	Parasitoidismo

Fuente: Elaboración propia.

Además, se utilizó la herramienta de Excel conocida como tabla dinámica para ordenar de mejor manera la base de datos y depurar cualquier error. Para el cálculo de la tasa de parasitoidismo se consideró estudios afines realizados (Torres et al., 2000; Avalos et al., 2004), en los cuales se plantea la siguiente relación, en donde 0 % corresponde a una ausencia total de parasitoidismo y 100% a la presencia total de parasitoidismo:

$$Parasitoidismo\ Total\ (\%) = \frac{N^{\underline{o}}\ de\ larvas\ y\ pupas\ parasitadas}{N^{\underline{o}}\ de\ larvas\ y\ pupas\ recolectadas}\ x\ 100$$

Se obtuvo la tasa de parasitoidismo en relación a las zonas de recuperación identificadas, a las especies vegetales seleccionadas y a las especies de lepidópteros y coleópteros identificados.

3.3. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR DE LA RELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN Y EL NIVEL DE PARASITOIDISMO DE LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO

Para llevar a cabo el presente objetivo se consideró la base de datos utilizada en el primer objetivo, además se omitió por consideraciones de cálculos posteriores, el valor de porcentaje (%) en el cálculo de parasitoidismo para generar una valoración de 0 a 1 (niveles de parasitoidismo), donde 0 corresponde a una ausencia total de parasitoidismo y 1 a la presencia total de parasitoidismo.

3.3.1. Análisis de datos

Para el análisis de datos se consideró las siguientes relaciones:

- **Relación del nivel de parasitoidismo en función del nivel de recuperación**

Para los cálculos correspondientes se consideró cada una de las salidas de campo como valores únicos o réplicas, es decir 8 réplicas para cada nivel de recuperación en cada área de estudio. En cada réplica se obtuvo el nivel de parasitoidismo considerando la misma relación que en el primero objetivo (individuos parasitados/individuos recolectados).

- **Relación del nivel de parasitoidismo en función de cada especie vegetal**

En este caso se consideró de igual manera, cada una de las salidas de campo como réplicas, con un total de 8 réplicas para cada especie vegetal en cada área de estudio. En cada réplica se obtuvo el nivel de parasitoidismo considerando la misma relación que en el primero objetivo (individuos parasitados/individuos recolectados).

- **Análisis estadístico para las dos relaciones propuestas**

Una vez establecidas estas dos relaciones, se consideró utilizar el método estadístico conocido como análisis de varianza tipo ANOVA no paramétrico debido a que los datos obtenidos anteriormente no se ajustan a la distribución normal (UAH, 2005), con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre las variables. Para este cálculo se utilizó el software Statistica 7.0, en donde los datos fueron ingresados considerando como variable dependiente al nivel de parasitoidismo y como variables independientes a los niveles de recuperación y las especies vegetales, tal como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. *Variables dependientes e independientes ingresadas en el programa Statistica 7.0 para el análisis de varianza (ANOVA) no paramétrico.*

Variable Independiente 1 (Área de Estudio)	Variable Independiente 2 (Nivel de recuperación)	Variable Independiente 3 (Especies Vegetales)	Variable Dependiente 1 (Parasitoidismo)

Fuente: Elaboración propia.

El análisis no paramétrico se realizó mediante la prueba Kruskal-Wallis complementado por gráfica de cajas (Box-Plot), ya que permite contrastar si la relación entre una variable

categórica y una variable cuantitativa/ordinal es estadísticamente significativa (Molina y Rodrigo, 2014). Según Guisande (2006), este contraste permite decidir si puede aceptarse la hipótesis de que k muestras independientes proceden de la misma población o de poblaciones idénticas con la misma mediana, para lo cual la hipótesis nula de la prueba de Kruskal-Wallis es:

- ✓ H0: Las k medianas son todas iguales
- ✓ H1: Al menos una de las medianas es diferente

Se tienen k muestras aleatorias de tamaños n_1, n_2,… n_k. Hay *n* observaciones en total, donde *n* es la suma de los n_i. Se calcula el rango de las *n* observaciones y sea R_i la suma de los rangos en el i-esima muestra o grupo. El estadístico de Kruskal-Wallis es:

$$H = \frac{12}{n\,(n+1)} \sum_{i=1}^{k} \frac{R_i^2}{n_1} - 3(n+1)$$

La prueba de Kruskal-Wallis acepta la hipótesis nula de que todas las poblaciones tienen la misma distribución cuando el valor *p* es mayor a 0,05 (Azor, 2014).

3.4. METODOLOGÌA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE DIVERSIDAD DE PARASITOIDES Y FUNCIÓN DE PARASITOIDISMO EN LOS DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN

El presente objetivo se llevó a cabo en dos fases, primeramente, la fase de laboratorio (identificación de ejemplares) y posteriormente la fase de oficina (análisis de datos).

3.4.1. Identificación de ejemplares

Se identificó taxonómicamente a los parasitoides que emergieron durante la fase de laboratorio hasta el nivel de familia mediante claves taxonómicas, además de la identificación de su sexo y su contabilización de individuos por familia, con la ayuda de la especialista Blga. Marina Mazón, PhD, docente e investigadora de la UNL.

3.4.2. Análisis de datos

Se completó la base de datos generada en el primer objetivo con los datos de la identificación taxonómica de los parasitoides que emergieron durante la fase de laboratorio.

Posteriormente se contabilizó el número de individuos (parasitoides) por familia en cada nivel de recuperación por cada una de las áreas de estudio, considerando como réplicas a cada salida de campo (cada muestreo). Esto se utilizó para los cálculos de los índices de diversidad (Shannon-Wiener, Simpson y Riqueza Específica).

- **Índices de diversidad aplicados en el estudio**

Según Moreno (2001), el Índice de Shannon-Wiener (H') mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Su valoración en la mayoría de ecosistemas naturales varía de 1 a 5 y su fórmula es:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} \frac{ni}{N} \ln \frac{ni}{N}$$

Siendo:

N= Número de total de individuos y *ni*= número de individuos de la misma especie.

El Índice de Simpson (D) muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie. Sus valores están comprendidos entre 0 (baja diversidad) y 1 (alta diversidad). Su fórmula corresponde a:

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{S} ni(ni-1)}{N(N-1)}$$

Siendo:

N= Número de total de individuos y *ni*= número de individuos de la misma especie.

Finalmente, la Riqueza Específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas.

- **Análisis estadístico para la evaluación de la relación entre diversidad de parasitoides y función de parasitoidismo**

Los datos obtenidos de los índices de biodiversidad aplicados fueron relacionados con el nivel de parasitoidismo calculado anteriormente en cada nivel de recuperación. El cálculo del nivel de relación entre estas dos variables se realizó a través un análisis de correlación no paramétrico, en este caso con el índice de Spearman utilizando el software Statistica 7.0.

La correlación de Spearman mide el grado de asociación entre dos variables cuantitativas que siguen una tendencia siempre creciente o siempre decreciente, para lo cual la hipótesis nula corresponde a la siguiente (Acuña, 2011):

- ✓ Ho: No existe asociación entre las dos variables.
- ✓ Ha: Existe una relación o asociación entre las dos variables.

La fórmula de este coeficiente es la siguiente (Mondragón, 2014):

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d_1^2}{n(n^2-1)}$$

Siendo:

n= la cantidad de sujetos que se clasifican y d_i es la diferencia entre los rangos de muestras de dos variables.

El coeficiente de correlación de rangos de Spearman puede puntuar desde -1,0 hasta +1,0 y se interpreta de la siguiente manera: los valores cercanos a +1,0 indican que existe una fuerte asociación entre las clasificaciones, o sea que a medida que aumenta un rango el otro también aumenta; los valores cercanos a -1,0 señalan que hay una fuerte asociación negativa entre las clasificaciones, es decir, al aumentar un rango, el otro decrece. Cuando el valor es 0,0 no hay correlación (Mondragón, 2014).

4. RESULTADOS

4.1. TASA DE PARASITOIDISMO EN LARVAS Y PUPAS DE LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS ASOCIADAS A CINCO ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN DOS ÁREAS CON DISTINTO NIVEL DE RECUPERACIÓN

Como resultado de los muestreos realizados en el periodo abril-julio de 2016 se recolectó un total de 172 individuos en estado de larvas y pupas de lepidópteros y coleópteros, 91 individuos recolectados en la Reserva El Madrigal y 81 en el PUEAR. Del total de individuos recolectados, 111 larvas y pupas fueron parasitadas (64,53% del total de individuos), 53 en la Reserva el Madrigal y 58 en el PUEAR, de lo cual cabe mencionar que en el PB se registró el menor número de individuos recolectados y por ende parasitados, mientras que en ZMR y ZAR el número fue equivalente (Cuadro 5).

Cuadro 5. *Total de individuos recolectados e individuos parasitados en los diferentes niveles de recuperación en la Reserva El Madrigal y el PUEAR.*

Área de estudio	Niveles de recuperación	Total de larvas y pupas parasitadas	Total de larvas y pupas recolectadas
El Madrigal	ZAR	24	38
	ZMR	29	45
	PB	0	8
TOTAL		**53**	**91**
PUEAR	ZAR	31	39
	ZMR	21	33
	PB	6	9
TOTAL		**58**	**81**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Con respecto a la diversidad de individuos recolectados en ambas áreas de estudio, se obtuvo en el orden Coleoptera un total de 52 individuos (30,23% del total de individuos recolectados) y un total de 6 especies pertenecientes a una sola familia (Coccinellidae) y a los géneros *Cycloneda* (1 especie - 5 individuos), *Epilachna* (2 especies - 5 individuos), *Harmonia* (1 especie - 3 individuos) y *Neda* (3 especies - 39 individuos). En el orden Lepidoptera se recolectaron un total de 120 individuos (69,76% del total de individuos recolectados), 31 de los cuales no se logró su identificación taxonómica más allá del orden, quedando como morfoespecies. Los individuos que fueron identificados hasta un nivel inferior a orden (89 en total), pertenecieron a 12 familias, 3 géneros y 35 especies. Las familias más representativas fueron Psychidae con un total de 27 individuos (2 especies), Nymphalidae con un total de 24 individuos (2 géneros – *Greta* y *Adelpha*- y 5 especies), Noctuidae con un total de 17 individuos

(1 género –*Mamestra*- y 10 especies), y las menos representativas fueron Crambidae con un total de 5 individuos (4 especies), Geometridae con un total de 4 individuos (1 especie), Erebidae con un total de 3 individuos (2 especies), Pyralidae con un total de 4 individuos (3 especies) y Lasiocampidae, Limacodidae, Papilionidae, Pieridae y Sphingidae coinciden con un total de 1 individuo cada uno.

4.1.1. Tasa de parasitoidismo en relación a las especies vegetales

La tasa de parasitoidismo en este caso fue calculada considerando a los individuos parasitados sobre los individuos recolectados con base en cada una de las especies vegetales, las cuales fueron seleccionadas en los tres niveles de recuperación. De esta manera, en la Reserva El Madrigal se puede observar que *Alnus acuminata* presenta los valores más altos (81,8%) y Asteraceae sp presenta los valores más bajos (12,5%). En ZAR las especies con mayor tasa de parasitoidismo fueron *Alnus acuminata* con 100% (todos los individuos recolectados fueron parasitados) y *Miconia obscura* con 66,7%, mientras que en ZMR fueron *Alnus acuminata* (75%) y *Viburnum triphyllum* (75%)*;* en PB no existió ningún ejemplar de larva y pupa parasitado, por lo que el parasitoidismo fue nulo (Cuadro 6).

Cuadro 6. *Tasa de parasitoidismo en relación a las especies vegetales en la Reserva El Madrigal.*

Niveles de recuperación	Especies Vegetales	Total de individuos (larvas y pupas) colectados	Tasa de parasitoidismo (%)
ZAR		11	100
ZMR	*Alnus acuminata*	33	75
PB		0	0
	TOTAL	**44**	**81,8**
ZAR		4	50
ZMR	*Myrsine andina*	0	0
PB		3	0
	TOTAL	**7**	**28,8**
ZAR		1	0
ZMR	*Viburnum triphyllum*	4	75
PB		1	0
	TOTAL	**6**	**50**
ZAR		7	14,2
ZMR	Asteraceae sp.	6	16,7
PB		3	0
	TOTAL	**16**	**12,5**
ZAR		15	66,7
ZMR	*Miconia obscura*	2	0
PB		1	0
	TOTAL	**18**	**55,6**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

En el PUEAR la mayor tasa de parasitoidismo se presentó en *Alnus acuminata* (93,4%) y Asteraceae sp. (92,3%) y el valor más bajo corresponde a *Myrsine andina* (41,2%). En ZAR las especies con mayor parasitoidismo fueron *Alnus acuminata* y Asteraceae sp, en donde el total de los individuos recolectados estaban parasitados. En ZMR el mayor valor corresponde igualmente a *Alnus acuminata* (83,4%), mientras que en PB los mayores valores fueron para *Viburnum triphyllum* y *Miconia obscura,* ambas con una tasa de parasitoidismo total (100%) (Cuadro 7).

Cuadro 7. *Tasa de parasitoidismo en relación a las especies vegetales en el PUEAR.*

Niveles de recuperación	Especies Vegetales	Total de individuos (larvas y pupas) colectados	Tasa de parasitoidismo (%)
ZAR		9	100
ZMR	*Alnus acuminata*	6	83,4
PB		0	0
	TOTAL	**15**	**93,4**
ZAR		5	20
ZMR	*Myrsine andina*	9	66,7
PB		3	0
	TOTAL	**17**	**41,2**
ZAR		3	33,4
ZMR	*Viburnum triphyllum*	8	37,5
PB		4	100
	TOTAL	**15**	**53,4**
ZAR		19	100
ZMR	Asteraceae sp.	7	71,4
PB		0	0
	TOTAL	**26**	**92,3**
ZAR		3	33,4
ZMR	*Miconia obscura*	3	66,7
PB		2	100
	TOTAL	**8**	**62,5**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

En la Figura 11 se puede apreciar que al comparar ambas áreas de estudio los valores coinciden en señalar que la especie vegetal con la mayor tasa de parasitoidismo corresponde a *Alnus acuminata,* mientras que el menor valor registrado difiere en ambas áreas, teniendo así que para la Reserva El Madrigal este puesto corresponde a Asteraceae sp., y para el PUEAR corresponde a *Myrsine andina.*

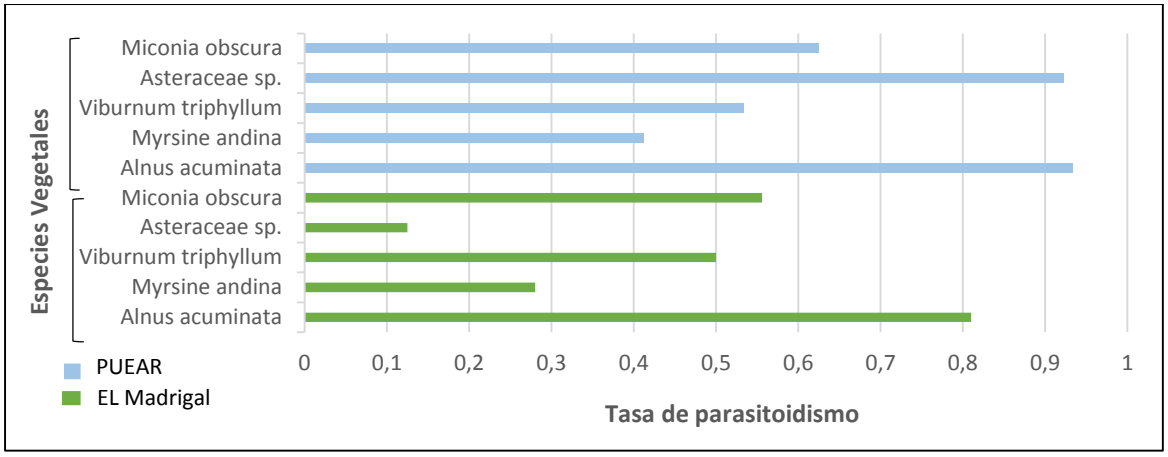

Figura 11. Comparación de la tasa de parasitoidismo en relación a las especies vegetales en el PUEAR y la Reserva El Madrigal.

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

4.1.2. Tasa de parasitoidismo en relación a las zonas o niveles de recuperación

En este caso el cálculo de la tasa de parasitoidismo se realizó considerando las tres zonas de recuperación. En la Reserva El Madrigal se puede observar que la tasa de parasitoidismo en ZMR corresponde a 64,5% y en ZAR a 63,2%. En el PUEAR la tasa de parasitoidismo en ZAR fue del 79,4%, en ZMR del 63,6% y en PB del 66,7% (Cuadro 8).

Cuadro 8. *Tasa de parasitoidismo en relación a los niveles de recuperación en la Reserva El Madrigal.*

Área de estudio	Nivel de recuperación	Total de individuos (larvas y pupas) colectados	Tasa de parasitoidismo (%)
Reserva El Madrigal	ZAR	38	63,2
	ZMR	45	64,5
	PB	8	0
TOTAL		**91**	**58,24**
PUEAR	ZAR	39	79,4
	ZMR	33	63,6
	PB	9	66,7
TOTAL		**81**	**71,60**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Además, se puede apreciar que la Reserva El Madrigal presenta el valor total más bajo de parasitoidismo con un 58,24%, mientras que el PUEAR presentó un valor de 71,60%. En la Reserva El Madrigal los valores de ZAR y ZMR son relativamente equivalentes con una diferencia mínima (1,3%), mientras que en el PB el valor se sigue manteniendo nulo. En el PUEAR se observa una tendencia totalmente diferente ya que en ZAR se observa el mayor valor con respecto a ZMR y PB, mientras que estas dos zonas presentan valores equivalentes con una diferencia del 3,1%. De igual forma se observa que al comparar ambas áreas de estudio

se puede inferir que los tres niveles en ambas áreas de estudio presentan valores de parasitoidismo equivalentes con mínimas diferencias, a excepción de ZAR en el PUEAR (Cuadro 8).

4.1.3. Tasa de parasitoidismo en relación a los lepidópteros y coleópteros recolectados

En este caso la tasa de parasitoidismo fue calculada considerando los lepidópteros y coleópteros recolectados en la fase de campo. En la Reserva El Madrigal se registró un total de 7 familias de lepidópteros y 1 familia de coleópteros. El orden Lepidoptera presentó una mayor tasa de parasitoidismo en ZAR (77,4%), mientras que el orden Coleoptera presentó un mayor valor en ZMR (75%). Las familias de lepidópteros que presentaron una tasa de parasitoidismo total (100%) corresponden a: Psychidae (ZAR) y Desconocida (el grupo de individuos cuya familia no se logró identificar en ZAR y ZMR). Además, se obtuvo la tasa de parasitoidismo general del orden Lepidoptera con un 64% y en el orden Coleoptera con un 45% (Cuadro 9).

Cuadro 9. *Tasa de parasitoidismo en relación a los lepidópteros y coleópteros recolectados en la Reserva El Madrigal. La tasa de parasitoidismo se muestra entre paréntesis.*

Orden	**Familia**	**Total de individuos (larvas y pupas) colectados y tasa de parasitoidismo**			
		PB	**ZAR**	**ZMR**	**Total**
Lepidoptera	Crambidae	0 (0%)	3 (66,7%)	0 (0%)	3 (66,7%)
	Desconocida	0 (0%)	10 (100%)	1 (100%)	11 (100%)
	Erebidae	0 (0%)	1 (0%)	0 (0%)	1 (0%)
	Geometridae	0 (0%)	0 (0%)	3 (0%)	3 (0%)
	Noctuidae	1 (0%)	3 (66,7%)	3 (33,1%)	7 (42,9%)
	Nymphalidae	2 (0%)	4 (0%)	4 (0%)	10 (0%)
	Psychidae	0 (0%)	10 (100%)	17 (88,2%)	27 (92,6%)
	Pyralidae	1 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	2 (0%)
	Total	**4 (0%)**	**31 (77,4%)**	**29 (58,6%)**	**64 (64%)**
Coleoptera	Coccinellidae	4 (0%)	7 (0%)	16 (75%)	27 (45%)
	Total	**4 (0%)**	**7 (0%)**	**16 (75%)**	**27 (45%)**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

En el PUEAR se registró un total de 11 familias de lepidópteros y 1 familia de coleópteros, presentando mayor número de familias con respecto a la Reserva El Madrigal. El orden Lepidoptera presentó una mayor tasa de parasitoidismo en ZMR (85%), mientras que el orden Coleoptera presentó una tasa de parasitoidismo total en PB (100%). Las familias de lepidópteros que presentaron una tasa de parasitoidismo total (100%) corresponden a: Crambidae (ZAR y ZMR), Desconocida (individuos cuya familia no ha podido ser identificada en ZAR), Erebidae (ZAR), Geometridae (ZMR), Lasiocampidae (ZMR) y Noctuidae (ZMR). Además, se obtuvo la tasa de parasitoidismo general del orden Lepidoptera con un 75% y en

el orden Coleoptera con un 64% (Cuadro 10).

Cuadro 10. *Tasa de parasitoidismo en relación a los lepidópteros y coleópteros recolectados en el PUEAR. La tasa de parasitoidismo se muestra entre paréntesis.*

Orden	**Familia**	**Total de individuos (larvas y pupas) colectados y tasa de parasitoidismo**			
		PB	**ZAR**	**ZMR**	**Total**
Lepidoptera	Crambidae	0 (0%)	1 (100%)	1 (100%)	2 (100%)
	Desconocida	0 (0%)	20 (100%)	0 (0%)	20 (100%)
	Erebidae	0 (0%)	1 (100%)	1 (0%)	2 (50%)
	Geometridae	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	1 (100%)
	Lasiocampidae	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	1 (100%)
	Limacodidae	1 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)
	Noctuidae	5 (80%)	3 (33,4%)	2 (100%)	10 (70%)
	Nymphalidae	0 (0%)	8 (87,5%)	6 (33,4%)	14 (64,3%)
	Papilionidae	1 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)
	Pieridae	0 (0%)	1 (0%)	0 (0%)	1 (0%)
	Pyralidae	0 (0%)	2 (50%)	0 (0%)	2 (50%)
	Sphingidae	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	1 (0%)
	Total	**7 (57%)**	**36 (85%)**	**13 (54%)**	**56 (75%)**
Coleoptera	Coccinellidae	2 (100%)	3 (0%)	20 (70%)	25 (64%)
	Total	**2 (100%)**	**3 (0%)**	**20 (70%)**	**25 (64%)**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

En ZAR las familias con mayor tasa de parasitoidismo en ambas áreas de estudio son Psychidae, Crambidae, Erebidae, y Desconocida, mientras que en ZMR las familias con mayor valor fueron Desconocida, Crambidae, Geometridae, Lasiocampidae y Noctuidae, y por último las únicas familias con tasa de parasitoidismo en PB correspondieron a Noctuidae y Coccinellidae (Figura 12).

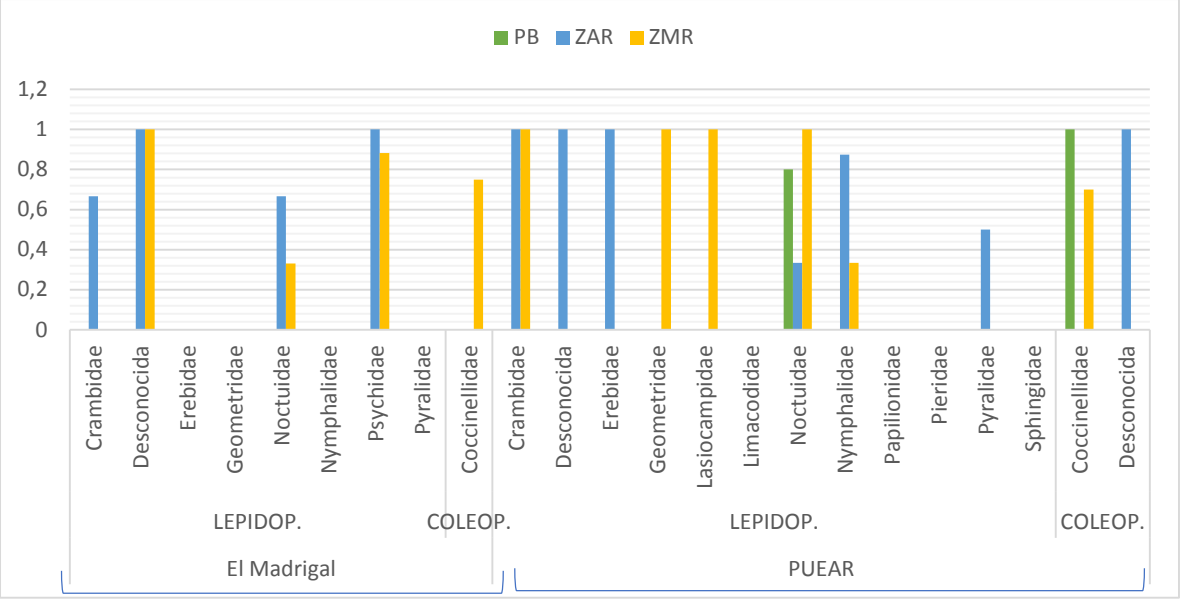

Figura 12. Comparación de la tasa de parasitoidismo en relación a las familias de lepidópteros y coleópteros recolectados en el PUEAR y la Reserva El Madrigal.

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

4.2. RELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN Y EL NIVEL DE PARASITOIDISMO DE LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS EN UN ECOSISTEMA DE BOSQUE ANDINO

Al obtener valores nulos o baja variabilidad de datos en el cálculo de la tasa de parasitoidismo en la zona PB en ambas áreas de estudio, se omitió para el desarrollo del presente objetivo con el fin de evitar datos sesgados en los resultados.

4.2.1. Relación del nivel de parasitoidismo en función de cada especie vegetal

Se aplicó el análisis de varianza ANOVA para relacionar el nivel de parasitoidismo con respecto a cada especie vegetal, en donde se determinó que no existe diferencias estadísticamente significativas entre estas dos variables, en ambas áreas de estudio (Cuadro 11).

Cuadro 11. *Resultados del nivel de significancia (p) obtenidos del análisis de varianza ANOVA (H) para cada área de estudio al comparar el nivel de parasitoidismo con respecto a cada especie vegetal.*

Área de estudio	**H**	**P**
Reserva El Madrigal	3,6690	0,4526
PUEAR	5,0822	0,2790

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia)

En la Reserva El Madrigal, el nivel de parasitoidismo presentó una relativa baja variabilidad en *Alnus acuminata* con respecto a las demás especies vegetales cuya variabilidad de datos fue generalmente alta; en el caso de Asteraceae sp, *Miconia obscura* y V*iburnum triphyllum* los datos del nivel de parasitoidismo evidenciaron que la mediana se ubica en la misma posición que el cuantil primero (Q1) ya que el total de datos se encuentran dispersos por encima de la mediana, y en el caso de *Myrsine andina* la mediana se ubica en el cuantil tercero (Q3) por lo que los datos de encuentran dispersos por debajo de la mediana (Figura 13A).

En el PUEAR, la variabilidad de datos fue generalmente alta en relación a la Reserva El Madrigal, solo *Alnus acuminata* presentó una muy baja variabilidad, en Asteraceae sp y *Miconia obscura* se evidencia la variabilidad más alta, en el primer caso la mediana se ubica en la misma posición que el cuantil primero y en el segundo caso la ubicación de la mediana es central al igual que en V*iburnum triphyllum,* y por último *Myrsine andina* presentó una variabilidad media cuya mediana está más cercana al Q1 por lo que los datos son más dispersos en entre la mediana y el Q3 (Figura 13B).

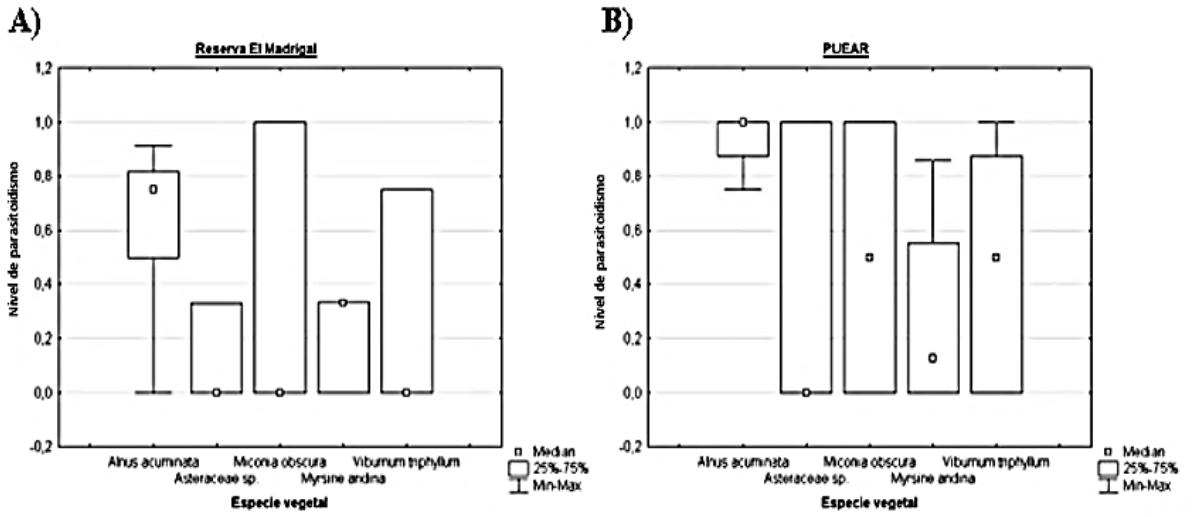

Figura 13. Box Plot del nivel de parasitoidismo en relación a cada especie vegetal en ambas áreas de estudio. A) Reserva El Madrigal y B) PUEAR.

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

4.2.2. Relación del nivel de parasitoidismo en función del nivel de recuperación

Al aplicar el análisis de varianza ANOVA al nivel de parasitoidismo con respecto a los niveles de recuperación en cada área de estudio, se determinó que ninguna de las dos áreas de estudio presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) del nivel de parasitoidismo en relación al nivel de recuperación, aunque en la Reserva El Madrigal se obtuvo un valor menor en el nivel de significancia (p) en relación al PUEAR (Cuadro 12).

Cuadro 12. *Resultados del nivel de significancia (p) obtenidos del análisis de varianza ANOVA (H) para cada área de estudio al comparar el nivel de parasitoidismo en los distintos niveles de recuperación.*

Área de estudio	H	P
Reserva El Madrigal	5,8112	0,3880
PUEAR	0,0971	0,8278

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia)

En la Reserva el Madrigal, se puede apreciar que tanto en ZAR como en ZMR existe una alta variabilidad en los datos, debido a que los resultados del nivel de parasitoidismo presentan una tendencia variable, en el caso de ZAR la posición de la mediana (tendencia central de distribución) se encontró ligeramente hacía la parte superior en relación con el cuantil tercero (Q3), es decir que los datos se encuentran más concentrados entre la mediana y el Q3 (50% - 75%), y entre el cuantil primero (Q1) y la mediana los datos se encuentran más dispersos

(25% - 50%), mientas que en ZMR sucede lo contrario (Figura 14A).

En el caso del PUEAR en ambos niveles de recuperación se evidencia una alta variabilidad en los datos; en ZAR, la posición de la mediana se encontró en la parte superior cercana al cuantil tercero (Q3), es decir la mayoría de datos presenta una alta dispersión (25% - 50%), mientras que en ZMR la posición de la mediana es central, debido a que la mitad de los datos tienen un valor superior a la mediana y la otra mitad un valor inferior a la mediana (Figura 14B).

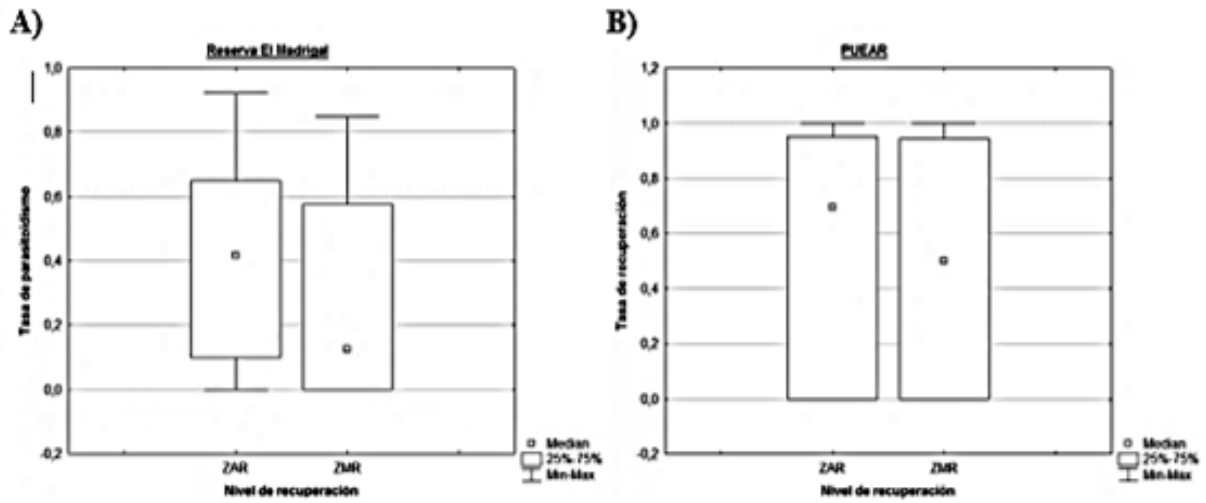

Figura 14. Box Plot del nivel de parasitoidismo en relación al nivel de recuperación (ZAR, ZMR y PB) en ambas áreas de estudio. A) Reserva El Madrigal y B) PUEAR.
Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

4.3. RELACIÓN ENTRE DIVERSIDAD DE PARASITOIDES Y FUNCIÓN DE PARASITOIDISMO EN LOS DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÓN

4.3.1. Diversidad de parasitoides

Durante la fase de cría de lepidópteros y coleópteros emergieron un total de 103 individuos de parasitoides, los cuales se encuentran distribuidos en 4 familias, 5 géneros y 20 especies, siendo las más abundantes *Encyrtidae sp 1* (19,60%), *Eulophidae sp 1* (18,63%), *Zonopimpla sp 1* (11,61%), *Microgastrinae sp 1* (10,68%), *Zonopimpla sp 2* (8,74%), *Eulophidae sp 2* (6,79%) y *Tetraschinae sp 1* (5,83%), como se puede observar en el Cuadro 13.

Cuadro 13. *Abundancia y Riqueza total de Hymenoptera parasitoides que emergieron de los lepidópteros y coleópteros recolectados en el periodo abril-julio de 2016 en ambas áreas de estudio.*

Familia	Especie	Número de individuos
Ichneumonidae	*Campopleginae sp 1*	2
	Campopleginae sp 2	1
	Clistopyga sp 1	1
	Cryptinae sp 1	2
	Cryptinae sp 2	1
	Ichneumoninae sp 1	1
	Mesochorus sp 1	2
	Neotheronia concolor	1
	Zonopimpla sp 1	12
	Zonopimpla sp 2	9
Encyrtidae	*Encyrtidae sp 1*	20
Eulophidae	*Eulophidae sp 1*	19
	Eulophidae sp 2	7
	Eulophidae sp 3	1
	Tetraschinae sp 1	6
	Trisecodes sp 1	2
Braconidae	*Meteorinae sp 1*	1
	Microgastrinae sp 1	11
	Microgastrinae sp 2	1
	Rogadinae sp 1	2
Total	**20**	**102**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

4.3.2. Índices de diversidad

El índice de Shannon (H') se mantuvo en un rango de 1,189 a 1,754, mientras que el índice de Simpson (D) se encuentra en un rango de 0,587 a 0,843 y la Riqueza (S) entre 1 y 8, apreciando de esta manera que el PUEAR presenta la mayor diversidad de Hymenoptera parasitoides, y la Reserva El Madrigal presenta la menor diversidad (Cuadro 14).

Cuadro 14. *Índices de Shannon (H'), Simpson (D) y Riqueza (S) de los Hymenoptera parasitoides en cada nivel de recuperación en ambas áreas de estudio.*

Área de estudio	Nivel de recuperación	Shannon (H')	Simpson (D)	Riqueza (S)
Reserva El Madrigal	ZAR	1,525	0,735	8
	ZMR	1,311	0,674	7
	PB	0	0	0
PUEAR	ZAR	1,189	0,587	7
	ZMR	1,754	0,843	7
	PB	0	0	1

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

4.3.3. Relación diversidad de parasitoides/ Función de parasitoidismo

En el análisis de correlación aplicado entre los índices de diversidad y la tasa de parasitoidismo de cada nivel de recuperación en ambas áreas de estudio, se observa que en el PUEAR se obtuvo una relación significativamente ($p<0,05$) negativa entre el nivel de parasitoidismo y los índices de Shannon (H') y Simpson (D), mientras que para la Riqueza (S) no existió ninguna correlación. En el caso de la Reserva El Madrigal, la relación entre el nivel de parasitoidismo y los tres índices de diversidad fue significativamente positiva (Cuadro 15).

Cuadro 15. *Resultados del análisis de correlación entre los índices de diversidad y la tasa de parasitoidismo en ambas áreas de estudio.*

Índices de Diversidad	**Tasa de parasitoidismo**	
	PUEAR	**El Madrigal**
Índice de Shannon (H')	-0,500	0,500
Índice de Simpson (D)	-0,500	0,500
Riqueza (S)	0	0,866

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia)

5. DISCUSIÓN

5.1. NIVEL DE PARASITOIDISMO EN LARVAS Y PUPAS DE LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS Y SU RELACIÓN ENTRE LAS ESPECIES VEGETALES Y LOS DISTINTOS NIVELES DE RECUPERACIÒN

En la ciudad de Loja, el ecosistema de bosque andino se encuentra muy contiguo al área urbana, por lo que ha sido afectado por diversos impactos propios de la expansión urbana (Gálvez et al., 2003; Toraracchi, 2005), quedando pocos remanentes boscosos como es el caso de la Reserva El Madrigal, que al ser una propiedad privada estuvo destinada por más de 10 años principalmente a la actividad ganadera; sin embargo, a partir de su adquisición por un nuevo propietario en el 2003 este territorio ha sido sometido a procesos de recuperación natural y asistida por medio de la reforestación, siendo en la actualidad un espacio dedicado a la conservación y a beneficiar a la investigación científica. Otro de los remanentes importantes de bosque andino dentro de la ciudad de Loja es el PUEAR, que a pesar de pertenecer a la UNL y por ende ser un espacio protegido y conservado, dirigido a ser un área para la investigación, docencia y recreación, se han registrado en los últimos diez años incendios forestales que han afectado zonas importantes del parque, por lo que para su recuperación se han realizado actividades de repoblación forestal, al igual que se ha optado por la regeneración natural (Aguirre et al., 2016).

En estos remanentes de bosque andino, se han ejecutado acciones para poder lograr una restauración ecológica de este ecosistema; sin embargo, posteriormente a estas acciones no se ha dado un seguimiento integral necesario que permita conocer el progreso y el estado actual de la recuperación del ecosistema a nivel de estructura y funcionalidad principalmente. Para monitorear estos ecosistemas es indispensable el uso de indicadores ecológicos que permitan conocer alteraciones en los procesos de un ecosistema que no se pueden conocer a simple vista, por medio de la evaluación de las funciones del ecosistema para precisar si se ha logrado obtener una recuperación integral del ecosistema (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015).

El parasitoidismo es considerado como una de las principales funciones de un ecosistema por el importante papel que cumplen los parasitoides en la regulación de poblaciones de insectos hospederos, manteniendo así un equilibrio en los hábitats terrestres, además de ser excelentes indicadores del estado de conservación de un ecosistema (Avalos et al., 2004; Ruíz-Cancino et al., 2011; Vanoye-Eligio et al., 2015). Sin embargo, los estudios científicos realizados hasta la actualidad en la relación entre lepidópteros y sus parasitoides se han

enfocado mayoritariamente en conocer la asociación de estos lepidópteros, considerados como plagas, con himenópteros parasitoides en agroecosistemas de diversos tipos (Bosque et al.,1996; Avalos et al., 2004; Cañarte et al., 2005; Reyes-Rosas et al., 2007; Ruíz-Cancino et al., 2011; Barrios et al., 2012; Coronado-Blanco y Zaldívar-Riverón, 2014) y se conocen muy pocos estudios que indaguen sobre la relación hospedero-parasitoide como parte sustancial de la estructura de las redes alimenticias o tróficas, para conocer más sobre la dinámica y estado de funcionamiento de los ecosistemas (Gagic et al., 2011; Avalos et al, 2016). Por tal razón, esta investigación se ha fundamentado en la necesidad de conocer más a fondo sobre el estado actual de recuperación de las áreas de estudio pertenecientes al ecosistema de bosque andino mediante la función de parasitoidismo como un excelente indicador ecológico, por lo que se definió tres niveles de recuperación con base en el tiempo transcurrido desde el impacto o perturbación del bosque en donde se calculó la tasa de parasitoidismo y se evaluó la relación del nivel de parasitoidismo con respecto a cinco especies vegetales seleccionadas (*Alnus acuminata, Myrsine andina, Viburnum triphyllum, Miconia obscura,* Asteraceae sp.), y a los niveles de recuperación identificados (ZAR, ZMR, PB).

En el estudio se recolectaron en total 172 individuos (larvas y pupas de lepidópteros y coleópteros) en ambas áreas de estudio, de las cuales se registraron 111 larvas y pupas parasitadas, es decir del total de individuos se calculó una tasa de parasitoidismo del 65,53%. En la Reserva el Madrigal la tasa de parasitoidismo fue del 58,24% y en el PUEAR del 71,6%, alcanzando de esta manera un nivel medio a alto de parasitoidismo en ambas áreas de estudio, según lo propuesto por Hawkins y Cornell (1994), lo que indica que en general, los parasitoides están cumpliendo de forma estable su rol en el ecosistema, el cual es principalmente la función de regulación de poblaciones (Avalos et al., 2016). Aunque, dentro del estudio se pretendía comparar la tasa de parasitoidismo de las zonas perturbadas con la zona bien conservada (bosque natural) para constatar si esta función se había recuperado a su estado natural, el nivel de larvas encontradas en esta zona fue muy bajo, por lo que no se pudo obtener la información deseada.

Se consideró evaluar el nivel de parasitoidismo en relación a especies vegetales comunes en el área de estudio ya que la riqueza y abundancia de las plantas hospedantes se relacionan directamente con la presencia o ausencia de los insectos himenópteros parasitoides (Fernandes et al., 2010; Gould et al., 2013). Según los resultados se evidenció que en la Reserva El Madrigal, las especies con mayor tasa total de parasitoidismo fueron *Alnus acuminata* (81,8%),

Miconia obscura (55,6%) y *Viburnum triphyllum* (50%). En el caso del PUEAR, las especies con mayor tasa total de parasitoidismo fueron *Alnus acuminata* (93,4%), Asteraceae sp. (92,3%) y *Miconia obscura* (62,5%). Se puede evidenciar que en ambas áreas de estudio la especie con mayor tasa de parasitoidismo es *Alnus acuminata*, lo que podría deberse a la abundancia de esta especie por encima de otras, ya que en las zonas en recuperación especialmente de la Reserva El Madrigal consta como una especie pionera dominante (Jiménez, 2017), lo que podría provocar que varias larvas u orugas elijan a esta especie como alimento u hospedera, ya que en esta especie vegetal se recolectaron un total de 44 individuos, una cantidad que sobrepasa mayoritariamente al resto de especies vegetales. De igual forma en el PUEAR se evidenció que los individuos de Asteraceae sp. contenían mayor cantidad de larvas o pupas que el resto de especies vegetales, logrando recolectar 26 individuos. La razón por la cual una especie vegetal es más apetecible que otra se debe a que existen características morfológicas y químicas específicas que atraen peculiarmente a las larvas, entre éstas podrían ser la forma, color, grosor y textura de las hojas, o el estado fisiológico y nutricional de la planta, que interfieren en la definición de los hospederos (Peraza, 2011).

Otra razón importante podría ser la presencia de compuestos volátiles o néctar extrafloral dentro de las características morfológicas de algunas especies vegetales, los cuales utilizan como defensa ante enemigos naturales como las larvas fitófagas (Peñaflor et al., 2011; Poelman et al., 2012), ya que, según Martínez (2010), los parasitoides no solo pueden encontrar a sus hospederos por el olor de éste, sino que también puede influenciar totalmente los compuestos volátiles que producen algunas plantas cuando éstas se ven atacadas por la larva u oruga en respuesta a compuestos de su saliva, logrando de esta manera avisar al insecto parasitoide sobre su hospedero, facilitando que el parasitoide le libre de su plaga. Estos compuestos volátiles son específicos para cada especie de larva u oruga, lo cual permite a las avispas parasitoides optimizar su búsqueda del hospedero ideal, siendo ésta una buena herramienta en el control biológico de plagas en la producción agroforestal (Turlings et al., 1995). En cualquier caso, el éxito de dicha búsqueda dependerá también de la capacidad de los parasitoides de percibir y distinguir los diferentes compuestos volátiles específicos que emiten las plantas según sea su desarrollo olfativo, además de las interacciones entre la planta y otros organismos y los cambios sujetos a condiciones climáticas (Pérez-Contreras, 1999).

De esta manera se han realizado algunos estudios que han comprobado este argumento, como es el caso de Ponzio et al. (2014), quienes investigaron la atracción de parasitoides

(*Cotesia glomerata*) a volátiles de plantas atacadas por larvas de *Pieris brassicae*, comprobando que los parasitoides localizaron con éxito las plantas infestadas por el huésped, y el comportamiento de forrajeo de la avispa no fue afectado por la presencia simultánea de un atacante no huésped o huevos de huésped. Este contexto ha sido igualmente comprobado por estudios similares como el realizado por Turlings y Fritzsche (1999), en donde se estudió el sistema trófico que comprende al parasitoide *Cotesia marginiventris*, las orugas del huésped del género *Spodoptera* y las plantas de maíz, siendo los volátiles sesquiterpenos y el indol de esta especie vegetal los que fueron particularmente atractivos para el parasitoide. Se conoce que los compuestos volátiles de las especies vegetales generalmente están compuestos por terpenos, derivados de ácidos grasos y compuestos aromáticos (Cespedes-Acuña y Marín, 2007), y generalmente estos compuestos volátiles son conocidos con el nombre de kairomonas (Rossini y González, 2010). Sin embargo, no se ha encontrado información sobre este tipo de compuestos en *Alnus acuminata*, la especie que en el presente estudio presentó la mayor presencia de larvas, por lo que podría ser una línea de investigación interesante de abordar.

Sin embargo, y a pesar de las tasas de parasitoidismo obtenidas para el total de los muestreos, al realizar los análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticamente significativas de dichos niveles entre las distintas especies de plantas en ninguna de las áreas de estudio, ya que el nivel de parasitoidismo ha sido muy irregular en los distintos muestreos, generando una elevada varianza de datos.

En ambas áreas de estudio se recolectó un total de 52 individuos de una sola familia del orden Coleoptera, la familia Coccinellidae, ya que según Marín-Jarillo y Bujanos-Muñiz (2008), es una familia muy diversa y conocida llegando a reportarse para Suramérica 107 géneros, aunque no se les ha prestado atención suficiente existiendo pocas investigaciones dirigidas a conocer mejor el comportamiento y la relación de esta familia con otras especies (Zúñiga-Reinoso, 2011). En el presente estudio, la tasa de parasitoidismo en esta familia fue de media a alta en ambas áreas de estudio. Por otro lado, se evidenció que esta familia tiene como preferencia moderada a la especie vegetal *Viburnum triphyllum*, debido a que estos coleópteros se ven atraídos por compuestos volátiles que emite esta especie vegetal lo que induce a una relación de herbivoría (Granados-Sánchez et al., 2008).

En relación al orden Lepidoptera, en la Reserva El Madrigal se obtuvo un total de 7 familias, de las cuáles las que presentaron mayor abundancia fueron Psychidae con 27 individuos, Nymphalidae con 11 individuos y Noctuidae con 7 individuos. En el PUEAR se

obtuvo una mayor diversidad con un total de 11 familias de lepidópteros, siendo Nymphalidae y Noctuidae las familias con mayor número de individuos, con 14 y 10 individuos respectivamente. De esta clasificación, Psychidae es la familia que presentó una mayor tasa de parasitoidismo con 92,6%, estando presente únicamente en una de las áreas de estudio (Reserva El Madrigal), mientras que Noctuidae y Nymphalidae coinciden con la presencia y abundancia en ambas áreas de estudio.

Psychidae presenta una alta tasa de parasitoidismo debido a que fue la familia de lepidópteros que mayor número de individuos se recolectó, es decir fue la familia con mayor abundancia con respecto a las otras familias recolectadas, además de que esta familia solo se encontró en fase de pupa y solamente en la especie vegetal de *Alnus acuminata*. Según Torres-Vila et al. (2002), la familia Psychidae posee una extraña particularidad ya que utilizan como una forma de protección un saco o forro de estructura variable al que incorporan tierra y fragmentos vegetales, de los cuales salen solamente en busca de alimento y cuando entran en fase de pupa se encierran y obstruyen cualquier salida para su protección (Ponce et al., 1979), por lo que se concluiría que estos individuos fueron parasitados en su etapa de larva, además se ha evidenciado que esta especie es más frecuente en ecosistemas tropicales y es considerada como plaga poco agresiva ya que dentro de su alimento prefiere las gramíneas y pastos (Rahinds et al., 2009). A pesar de ser una familia distribuida ampliamente en el mundo con 600 especies conocidas, en la región Neotropical se han registrado solamente 88 especies y no se ha obtenido muchos registros en el ecosistema de bosque andino (Torres-Vila et al., 2002); en el caso de Ecuador se ha registrado la presencia de la especie *Oiketicus kirbyi,* (Psychidae) solamente en zona de manglares (Gara et al., 1990; Sobczyk, 2011). Los estudios con respecto a la herbivoría de esta familia son muy escasos, en especial la relación con la especie *Alnus acuminata.* Sin embargo, existen registros de herbivoría entre otra especie de Psychidae (*Sterrhopterix hirsntella*) y *Alnus* (*Alnus glutinosa*) en Polonia (Cobos, 1988).

Además, en un estudio realizado en Loja (Ecuador) por Kwapil (2013) en una zona reforestada con *Alnus acuminata*, en un hábitat similar a nuestra área de estudio, se demostró que el impacto herbívoro en general aumentó con la disminución de la complejidad del hábitat en una zona considerada como monocultivo (anteriormente pastos, ahora alisos). A pesar de que se esperaba una mayor abundancia de depredadores, en relación con su presa, en hábitats más naturales, y que esta abundancia disminuyera hacia hábitats más perturbados y estructuralmente despoblados, los resultados fueron otros, ya que para los insectos herbívoros,

varios componentes de las estructuras de vegetación, como la densidad de plantas y la diversidad vegetativa y estructural, pueden tener un fuerte efecto en su abundancia, por lo tanto, el hábitat de los arbustos no parece ser adecuado para muchos herbívoros y, por lo tanto, afecta negativamente a su densidad. En el estudio realizado por Kwapil (2013), se concluyó que la altura y el área foliar total de los árboles de *Alnus* estudiados tuvieron un efecto positivo significativo en la abundancia de los insectos herbívoros, por lo que se conoce que la disponibilidad de recursos fue un factor sustancial para los insectos herbívoros para preferir la población de los árboles de aliso.

La familia Nymphalidae posee una diversidad muy amplia por lo que se encuentra distribuida por diversos ecosistemas a nivel global (Junta de Andalucía, 2012; Cerdeña et al., 2014; Vélez et al., 2015). En el estudio se evidenció una preferencia de esta familia por la especie vegetal Asteraceae sp., aunque en la Reserva El Madrigal no se registró ningún caso de parasitoidismo, quizá por la ausencia de una avispa parasitoide especializada en parasitar esta familia de lepidópteros, aunque se debería ampliar el tiempo de muestreo para aceptar esta hipótesis. Por último, Noctuidae fue la tercera familia más abundante recolectada en este estudio, la cual, según Barranco y Cabello (2000), es la familia más amplia de macrolepidópteros, además de ser considerada como una plaga importante para cultivos como el tomate (Bosque et al., 1996), y principalmente para cultivos de flores (Moreno y Serna, 2006).

En cuanto al nivel de parasitoidismo en relación a los niveles de recuperación, en la Reserva El Madrigal se omitió PB, es decir el bosque primario ya que en esta zona no se obtuvo ninguna larva o pupa viva para contabilizar ni para registrar alguna tasa de parasitoidismo debido quizà a la dificultad de visualizar y recolectar las larvas o pupas. En ZAR, es decir la zona que presentaba el mayor tiempo de recuperación, se registró una tasa de parasitoidismo del 63,2% de 38 individuos recolectados, mientras que en ZMR, es decir el nivel con menor tiempo de recuperación, se registró una tasa de parasitoidismo del 64,5 % de 45 individuos recolectados. Según Hawkins y Cornell (1994), una tasa de parasitoidismo por encima de 70% es considerada como la ideal u óptima dentro de un ecosistema sano, por lo que las tasas de parasitoidismo obtenidas en el estudio se ubican en un nivel medio, resultado que nos afirma que los parasitoides están regulando las poblaciones de sus hospederos con eficacia considerando que estas áreas tienen antecedentes de perturbación.

De acuerdo a lo mencionado en el estudio de López et al. (2013), el estado de la cobertura

vegetal influye directamente sobre la abundancia y diversidad de himenópteros parasitoides y sobre la de sus hospederos, y por ende en la función de parasitoidismo, y además, en el estudio realizado por López-Quiñones (2011), se indica que la mayor abundancia de himenópteros parasitoides en sistemas silvopastoriles, en herbáceas y arbustos en comparación al sistema de bosque primario, por tener mayor facilidad de localizar a sus hospederos, aunque para obtener una alta diversidad independientemente de la abundancia se debe considerar el nivel de complejidad taxonómica y estructural de la vegetación, es decir los recursos disponibles en el hábitat (Carballo, 2002). Esto concuerda con el presente estudio ya que en ZAR y ZMR al ser zonas en procesos de recuperación con antecedentes de perturbación por ganadería, existe mayor abundancia de herbáceas y arbustos que de especies forestales, razón por lo cual la diferencia en la tasa de parasitoidismo en estas dos zonas es mínima ya que la cobertura vegetal es similar, y a pesar de que *Alnus acuminata* es una especie forestal los individuos recolectados pertenecían a especies en crecimiento menores a 3 metros, y en las especies adultas se recolectaron solamente en el tronco a máximo un nivel de 1 metro de altura desde el nivel del suelo, es decir a nivel de sotobosque.

Con respecto al PUEAR, en PB se obtuvo una tasa de parasitoidismo de 66,7% con un total de 9 individuos recolectados, en ZAR una tasa de 79,4% con 39 individuos recolectados y ZMR con una tasa de 63,6% de 33 individuos recolectados. En este caso en PB se presenta una tasa de parasitoidismo importante, pero se debe considerar que los individuos recolectados son mínimos en comparación con las demás zonas, por lo que no es conveniente considerar como dato comparativo. Por otro lado, ZAR presentó una leve diferencia en la tasa de parasitoidismo con respecto a ZMR, probablemente debido a que en la zona más conservada existe más complejidad taxonómica y estructural de las especies vegetales (Carballo, 2002), lo que, según Nicholls (2000), se relaciona directamente con el aumento de poblaciones de insectos en fase de larvas. En la zona menos conservada claramente existe una débil capa de cobertura vegetal ya que las áreas afectadas por incendios forestales tienden a tener una recuperación muy lenta por quedar el suelo más infértil (Copano, 2007), sin embargo, la recuperación asistida ha permitido que esta zona se recupere más eficientemente evitando la proliferación de especies vegetales invasoras como *Pteridium* (helechos) propias de este medio que inhiben la presencia de insectos, obteniendo así una tasa de parasitoidismo aceptable (Fernàndez-Mendez et al., 2016).

En los resultados del estudio comparativo entre los niveles de parasitoidismo y los niveles

de recuperación en ambas áreas de estudio se observó que no existe una diferencia significativa. Aunque, como se explicó anteriormente, existen ligeras variaciones en la tasa de parasitoidismo entre un nivel de recuperación y otro, no resultan ser significativas debido probablemente a que existe una corta diferencia en el tiempo de recuperación entre las zonas establecidas, lo que da lugar a que esta función esté en niveles muy similares. Por lo tanto, la función de parasitoidismo se encuentra recuperándose de manera óptima considerando los antecedentes de perturbación y el tiempo de recuperación de las áreas de estudio, a diferencia de otras funciones del ecosistema que al parecer tardan más tiempo en recuperarse, como es el caso de los insectos polinizadores, los cuales muestran una alta sensibilidad a los cambios de temperatura y una baja adaptación a cambios en la cobertura vegetal (Quesada, 2010).

Por otro lado, existen estudios en los que se ha evaluado otras variables de ecosistemas perturbados, como es el caso del estudio realizado por Suganuma y Durigan (2015), en donde se evaluaron variables que representan la estructura del bosque, la riqueza y la composición de las especies arbóreas utilizando una cronología de 4-53 años de recuperación en 26 bosques ribereños en restauración en el Atlántico brasileño, tomando en cuenta tres ecosistemas de referencia: bosque primario, bosque secundario y bosque degrado, en donde se concluyó que el tiempo estimado para obtener un ecosistema recuperado, en general, es más corto para los atributos estructurales que para la composición de especies o la proporción de gremios funcionales. Por otro lado, en un estudio realizado por Jones y Schmitz (2009), tras hacer un análisis de estudios de caso de ecosistemas recuperados desde 1910 hasta el 2008, se concluye que el pronóstico para la recuperación de ecosistemas dependerá críticamente del tipo de variable medida y que actualmente es muy complejo poder afirmar qué variables son mejores para pronosticar una recuperación exitosa.

5.2. RELACIÓN ENTRE DIVERSIDAD DE PARASITOIDES Y FUNCIÓN DE PARASITOIDISMO EN LOS NIVELES DE RECUPERACIÓN

En ambas áreas de estudio se obtuvo de la fase de cría un total de 103 himenópteros parasitoides, agrupados en 4 familias, 5 géneros y 20 especies, de las cuales Ichneumonidae es la familia con mayor riqueza con un total de 10 especies. Según Ruíz-Cancino et al. (2014), los ichneumónidos integran la familia con mayor diversidad de especies en el orden Hymenoptera con un total aproximadamente de 60.000 especies distribuidas ampliamente en todo el mundo (Gauld et al., 2002); además, las especies de Ichneumonidae se encuentran entre los principales parasitoides de lepidópteros, aunque los huéspedes específicos son desconocidos para la

mayoría de las especies neotropicales (Fernandes et al., 2010). Por otro lado, Braconidae también es una de las familias con mayor riqueza en este estudio con 4 especies, y según Coronado-Blanco y Zaldívar-Riverón (2014) las avispas parasitoides de la familia Braconidae representan la segunda familia de mayor riqueza taxonómica del orden Hymenoptera, con un conteo de 19.434 especies válidas actualmente descritas, aunque este número representa por lo menos una cuarta parte de la riqueza de especies que se considera que existe.

En cuanto al rango de hospedadores de las familias Ichneumonidae y Braconidae, Quicke (2015) indica en su investigación que la localización de los hospederos herbívoros de parasitoides se da principalmente a través de mezclas específicas de compuestos liberados por la planta atacada (kairomonas), como ya se ha mencionado anteriormente, lo que da lugar a una compleja red tritrófica (planta-hospedero-parasitoide). Por otro lado, el autor indica que las hembras parasitoides aprenden señales químicas sobre los entornos en los que es probable que se encuentren los hospedadores, lo cual juega un papel muy importante en la mayoría de las especies de parasitoides, ya que el desarrollo del cerebro de estos insectos les permite una mayor flexibilidad en la toma de decisiones en cuanto a la búsqueda de hospedadores y la utilización de nuevos recursos cuando éstos estén limitados. Además, se conoce que muy pocos parasitoides son estrictamente monófagos (un solo hospedador) y, aunque la mayoría de los parasitoides especialistas tienen un hospedador preferido, pueden atacar a otras especies tal vez menos ávidamente y/o con menos éxito. Para determinar el rango de hospedadores la principal dificultad es la determinación de la distribución geográfica del hospedero, sin embargo, los factores indispensables a considerar para conocer de mejor manera este rango son la filogenia del huésped y la ecología del huésped, como la ubicación, el nicho de alimentación, la estacionalidad y también la morfología y el comportamiento.

Eulophidae también presentó una importante riqueza con 5 especies identificadas, siendo una de las familias más abundantes de la superfamilia Chalcidoidea y comunes en todos los hábitats (Schauff et al., 1989). Finalmente, Encyrtidae fue la familia con menor abundancia y riqueza de este estudio, ya que solamente se registró una especie pero que tuvo el mayor número de individuos que el resto de especies, lo que se debe a un caso de parasitoides gregarios, es decir aquellas especies que ponen varios huevos en un mismo hospedero (Ríos, 2011). Esto se ha evidenciado especialmente en *Alnus acuminata* en ZMR en ambas áreas de estudio con la familia de lepidópteros Nymphalidae y con la familia de coleópteros Coccinellidae.

Según el Índice de Shannon en la Reserva el Madrigal en las tres zonas identificadas (ZAR, ZMR y PB) se obtuvo una diversidad baja ya que los valores estuvieron por debajo de 1,6 como lo considera Magurran (1998), mientras que en el PUEAR en ZAR y PB se obtuvo una diversidad baja y solamente en ZMR presentó una diversidad media con un valor de 1,6 a 3 (Magurran, 1998). De igual forma, según el Índice de Simpson en la Reserva el Madrigal y en el PUEAR presenta una diversidad media y la Riqueza varía del valor mínimo a medio (Magurran, 1998). Por lo tanto, se considera que la diversidad de parasitoides en ambas áreas de estudio es media de manera general.

Se consideró evaluar la relación entre diversidad de parasitoides y función de parasitoidismo por la importancia de conocer si la función de parasitoidismo en este ecosistema se encuentra recuperada o en proceso de recuperación, ya que para esto se necesita conocer no solo diversidad sino también funcionalidad. La tasa de parasitoidismo obtenida generalmente en el presente estudio fue media y la diversidad de parasitoides de media a baja, con una recuperación aceptable de la función de parasitoidismo. Esta conclusión concuerda con el estudio realizado por Avalos et al. (2004) en un cultivo de soja en Argentina, en el cuál el parasitoidismo mostró una gran variabilidad la cual fue independiente de la diversidad de parasitoides, ya que las tasas de parasitoidismo se relacionaron negativamente con la riqueza de parasitoides, debido a que esta variable posiblemente estuvo relacionada con la presencia de una especie muy eficiente que define las tasas de parasitismo en las redes alimenticias (larva-parasitoide) de la soja. De igual forma, Nicholls (2000) afirma que la diversidad de parasitoides no siempre está directamente relacionada con el nivel de parasitoidismo, lo que coincide con los resultados obtenidos en el PUEAR al existir una correlación negativa entre estas dos variables; sin embargo, en la Reserva El Madrigal se obtuvo una correlación positiva significativa en todas las zonas en recuperación, lo que podría deberse probablemente a que la estructura y variabilidad de la red trófica en esta área de estudio se encuentra un poco más estable, sin embargo es necesario abordar más a fondo esta hipótesis para comprobarla, por lo tanto, según Avalos et al. (2004), también es importante considerar este aspecto para comprender el funcionamiento de las comunidades ecológicas en general.

Es importante señalar que la función de parasitoidismo (relación parasitoide/ hospedero) forma parte de una red alimenticia o trófica (Aldana y García, 2012), por lo que los niveles de parasitoidismo podrían verse afectados no sólo por el número de especies de parasitoides, como se espera de una relación diversidad-función (Balvanera et al 2006), sino también por la

estructura y variabilidad de las redes alimenticias en las que está inmersa (Montoya et al., 2003; Gagic et al., 2012). Las redes alimenticias definen interacciones alimentarias entre especies que ocupan diferentes niveles tróficos y pueden ayudar a explorar y comprender la organización y la persistencia de la comunidad ecológica (Lewis et al., 2002). De esta manera, se considera indispensable fomentar el uso del enfoque de la red alimentaria para comprender el funcionamiento de las comunidades ecológicas en ecosistemas perturbados y en proceso de recuperación.

6. CONCLUSIONES

- En la Reserva El Madrigal y el PUEAR se obtuvo un nivel medio a alto de parasitoidismo. La especie vegetal, *Alnus acuminata* fue la especie vegetal que presentó una mayor tasa de parasitoidismo total en ambas áreas de estudio, ya que consta como una especie pionera dominante.
- En la Reserva El Madrigal, en ZAR y ZMR se registró una tasa de parasitoidismo en un nivel medio, lo que indica que los parasitoides están regulando las poblaciones de sus hospederos con eficacia. En el PUEAR, se obtuvo una tasa más alta en ZAR, probablemente debido a que en la zona más conservada existe más complejidad taxonómica y estructural de las especies vegetales.
- En el estudio comparativo entre el nivel de parasitoidismo y las especies vegetales se evidenció que no existe diferencia estadísticamente significativa en ninguna de las áreas de estudio, debido a que el nivel de parasitoidismo registró una elevada varianza en los datos obtenidos en los distintos muestreos, pero en cualquier caso se observó que esta función se encuentra en un buen proceso de recuperación.
- En el estudio comparativo entre los niveles de parasitoidismo y los niveles de recuperación se observó que entre la Reserva El Madrigal y en el PUEAR no hay diferencias significativas en ninguno de los niveles de recuperación identificados, probablemente debido a que las tasas de parasitoidismo registradas tienen una diferencia mínima en cuanto al tiempo de recuperación, por lo que se supone que la función de parasitoidismo se encuentra en sus niveles normales.
- Según los Índices de diversidad en la Reserva el Madrigal y en el PUEAR se obtuvo una diversidad de parasitoides de baja a media, siendo las familias más representativas Ichneumonidae y Braconidae.
- En el PUEAR se evidenció una correlación negativa entre la función de parasitoidismo y diversidad de parasitoides, mientras que en la Reserva El Madrigal se obtuvo una correlación positiva significativa, lo que se debe posiblemente a que la estructura y variabilidad de la red trófica en esta área de estudio se encuentra más estable. Lo que nos indica que, los niveles de parasitoidismo dentro de este estudio podrían verse afectados no sólo por la diversidad y abundancia de los parasitoides, sino también por la estructura y variabilidad de las redes alimenticias en las que se encuentra inmersa.

7. RECOMENDACIONES

- Para sustentar de mejor manera los resultados del presente estudio se podría implementar más variables como los cambios de temperatura, humedad y cobertura vegetal que podrían intervenir indirectamente en el proceso de parasitoidismo, así mismo se podría ampliar el tiempo de muestreo para obtener un mayor número de datos.
- Se podría implementar este estudio en ecosistemas en donde se comparen zonas con periodos de recuperación más distantes respecto a los eventos de perturbación para evidenciar una diferencia más marcada al comparar la tasa de parasitoidismo y diversidad de parasitoides.
- Se podría realizar nuevos estudios con un enfoque similar en diferentes ecosistemas y zonas ya que la información disponible en cuanto a esta temática es muy escasa principalmente en nuestro país, además se podría seguir la línea de investigación en diferentes aspectos señalados y discutidos en este estudio.

8. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, E. (2007). Pruebas no paramétricas. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayaguez.

Aguirre, Z. (2001). Diversidad y composición florística de un área de vegetación disturbada por incendios forestales. Tesis maestría en manejo sustentable de recursos naturales. 108 p.

Aguirre, N., Eguiguren, P., Maita, J., Coronel, V., Samaniego, N., Ojeda-Luna T., y Aguirre-Mendoza, Z. (2015). Vulnerabilidad al cambio climático en la región sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica. Universidad Nacional de Loja y Servicio Forestal de los Estados Unidos. Loja, Ecuador. 184 p.

Aguirre, Z., Yaguana, C., y Gaona, T. (2016). Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 27 p.

Aguilar-Garavito, M., y Ramírez, W. (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAH). Bogotá D.C., Colombia. 250 p.

Alayo, P., y Hernández, L. (1998). Atlas de las mariposas diurnas de Cuba (Lepidoptera: Rhopalocera). Editorial Científico-Técnica, La Habana, 186 pp.

Aldana M., y García M. (2012). Parasitismo, biodiversidad y conservación. Perspectivas desde el ecosistema marino de Chile. 115 p.

Avalos, S., Mazzuferi, V., La Porta, N., Serra, G., y Berta, C. (2004). El complejo parasítico (Hymenoptera y Diptera) de larvas de *Anticarsia gemmatalis* y *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae) en alfalfa y soja. Agriscientia, XXI(2), 67–75 pp.

Avalos, D., Mangeaud, A., y Valladares, G. (2016). Parasitism and Food Web Structure in Defoliating Lepidoptera – Parasitoid Communities on Soybean. Sociedad Entomológica de Brasil. 6 p.

Ávila, L y Vargas, O. (2011). Núcleos de restauración de *Lupinus bogotensis* en claros de plantaciones de *Pinus patula* y *Cupressus lusitánica.*

Azor, R. (2014). Pruebas no Paramétricas. Universidad de Mendoza, Argentina. 12 p.

Balvanera, P., Pfisterer, A., Buchmann, N., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., y Schmid B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services.

Bar, M. (2013). Orden Coleoptera. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9),

1689–1699.

Barrios, K., y Otero, L. D. (2012). Comunidad de Lepidópteros asociados a *Theobroma cacao L* en dos agroecosistemas con diferente manejo de sombra (Mérida, Venezuela), *25*(2), 49–60.

Barro, A., Núñez, R., y Larramendi, J. (2011). Lepidópteros de Cuba. Patrocinado por Spartacus Foundation y la Sociedad Cubana de Zoología. Printed by UPC Print, Vasa, Finlandia. 230 pp.

Borda, M. y Vargas, O. (2011). Caracterización del banco de semillas germinable de plantaciones de pinos (*Pinus patula*) y claros en regeneración natural. Embalse de Chisacá, Bogotá. Colombia.

Bosque, L, y Izquierdo, F. M. (1996). Parasitismo sobre Plusiinae (Lepidóptera : Noctuidae) en tomate. *Delta*, (1993), 683–692.

Cañarte, E., Valarezo, O., Navarrete, B., y Bautista, N. (2005). Control biológico del minador de la hoja de cítricos *Phyllocnistis citrella:* Estudio de caso *Ageniaspis citrícola* en Ecuador.

Carballo, M. (2002). Manejo de insectos mediante parasitoides. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, *66*(66), 118–122.

Cardona-Cardozo, A., y Vargas, O. (2011). Potencial de regeneración del banco de semillas germinable de un bosque subandino: implicaciones para la restauración ecológica. Reserva Biológica Cachalú-Santander. Colombia.

Castillo. A. (2011). Senderización y señaletica de la Reserva Privada "El Marigal" de la Parroquia San Sebastían del Cantón y Provincia de Loja.

Cespedes-Acuña, C., y Marín, C. (2007). Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. Revista Fitotecnia Mexicana, año/vol. 30, número 004. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. 327-351 pp.

Cerdeña, J., Wilhelm, T., y Zacca, T. (2014). Mariposas altoandinas del sur del Perú, *I. Satyrinae* de la puna xerofítica, con la descripción de dos nuevos taxones y tres nuevos registros para Perú (Lepidoptera: Nymphalidae). Revista peruana de biología 21(3): 213 - 222 pp.

Cevallos, C. (2014). Caracterización estructural y propuesta de restauración del bosque nativo de la Comuna El Pital, zona de amortiguamiento del Parque Nacional Machalilla, Ecuador.

Cobos, J. (1988). Contribución al conocimiento de la fauna de artrópodos parásitos del aliso *Alnus Glutinosa* y su control. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Boletín de

Sanidad Vegetal.

Copano, C. (2007). Restauración de zonas quemadas. Área de Servicios Forestales. Madrid.

Coronado-Blanco, J. M., y Zaldívar-Riverón, A. (2014). Biodiversidad de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 372–378 pp.

Cuesta, M., González, y C., Ortiz, J. (2009). Calidad de agua en sistemas agroforestales. Universidad Simón Bolívar. 223-345 pp.

Dale, V.H. y Beyeler, S.C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. Ecological Indicators, 262, 201-204.

Driesche, R., Hoddle, M., Center, T. (2007). Control de plagas y malezas por enemigos naturales. 20 pp.

Ecuador Forestal. (2007). Planeación Estratégica Bosques Nativos en el Ecuador.

Fallis, A. (2013). Ecología forestal de dos remanentes de Bosque Andino Montano Alto en el Volcán IIaló, Pichincha, Ecuador. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.

Feitosa, M., Querino, R., y Henriques, A. (2007). Perfil da fauna de vespas parasitoides (Insecta: Hymenoptera) em reserva florestal na Amazonia, Amazonas, Brasil. Entomotropica, *22*(1), 37–43.

Fernández, F y Sharkey, M.J. (2006). Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Bogotá, Colombia D.C. 894 p.

Fernandes, L., Dias, M., Fernandes, M., y Penteado, P. (2010). Ichneumonidae (Hymenoptera) parasitoids of Lepidoptera caterpillars feeding on *Croton floribundus Spreng* (Euphorbiaceae). Universidade Federal de São Carlos.

Fernàndez-Mendez, F., Velasco, V., Guerrero, J., Galvis, M., y Viana, A. (2016). Recuperación Ecológica de áreas afectadas por un incendio forestal en la microcuenca Tíntales (Boyacá, Colombia).

Gálvez, G., Ordoñez, O., y Bussmann, W. (2003). Estructura del bosque montano perturbado y no-perturbado en el Sur de Ecuador Structure of disturbed and undisturbed mountain forests in Southern Ecuador, *3*(1), 83–98.

Gauld, I., Godoy, C., Sitholr, R., y Ugalde, J. (2002). Introduction. In The Ichneumonidae of Costa Rica, Memoirs of the American Entomological Institute, Gainesville, Florida. 1-8 pp.

Gagic, V., Tscharntke, T., Dormann, C., Gruber, A., Wilstermann, B., Thies, C. (2011). Food web structure and biocontrol in a four-trophic level system across a landscape complexity

gradient Proc. Biol. Sci., 278. 2946-2953 pp.

Gagic, V., Hanke, S., Thies, C., Scherber, C, Tomanovic, ´Z., Tscharntke,T. (2012) Agricultural intensification and cereal aphid–parasitoid– hyperparasitoid food webs: network complexity, temporal variability and parasitism rates. Oecologia 170:1099–1109 pp.

Gara, R., Sarango, A., y Cannon, P. (1990). Defoliation of an Ecuadorian mangrove forest by the bagworm, *Oiketicus kirbyi* Guilding (Lepidoptera: Psychidae). Ecuadorian Ecological Reserve of Churute.

Goulet, H y Huber, J. (1993). Hymenoptera of the world: An identification guide to families.

Gould, J., Vieira, J., y Wolf, B. (2013). Quantitative food webs of lepidopteran leafminers and their parasitoids, 4, 1369-1375 pp.

Guarnizo C., y Villa M. (1995). Inventario de los recursos suelo y vegetación del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación "La Argelia" (PUEAR)

Guisande, G. (2006). Tratamiento de datos. Ediciones Díaz de Santos. Colombia. 1345-1365 pp.

Granados-Sánchez, D., Ruíz-Puga, P., Barrera-Escorcia, H. (2005). Ecología de la Herbivoría. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 14(1): 51-63 pp.

Hawkins B., y Cornell, H. (1994) Maximum parasitism rates and successful biological control. Science 266:1886 pp.

Hawkins, B., y Mills, N. (1996). Variability in parasitoid community structure. Journal of Animal Ecology 65: 501-516 pp.

Hernández, et al. (2007). Fluctuación poblacional y parasitismo de larvas de Lepidoptera, *23*, 183–196 pp.

Instituto Nacional de Metreología e Hidrología INANMI. (2000-2010). Anuarios Metreológicos. Quito, Ecuador.

Jimènez, 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 del Sur (BSMN02). Tesis de grado previa la obtenciòn del tìtulo de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja.

Junta de Andalucìa (2012). Familia Nymphalidae. Portal Medio Ambiente.

Kwapil, K. (2013). Herbivore communities on Alnus acuminata in relation to different reforestation methods – a case study in the cloud forest zone of Ecuador.

Landry, B., y Rindge, H. 1995. Additions to the Geometridae (Lepidoptera) of the Galapagos Islands, Ecuador, including a new species of Eupithecia. American Museum Novitates

3118: 1–10 pp.

Lewis, T., Memmott, J., La Salle, J., Lyal, C.,Whitefoord,C., Godfray, C. (2002). Structure of a diverse tropical forest insect parasitoid community. J Anim Ecol 71:855–873 pp.

López-Quiñones, L. (2011). Hymenoptera parasitoides en la reserva natural el Hatico, Valle Del Cauca, Colombia. Universidada Del Valle.

López, L., Armbrecht, I., Montoya, G., Molina, E. (2013). Diversidad de avispas parasitoides en un sistema silvopastoril orgánico de producción ganadera de Colombia.

Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A., Trujano-Ortega, M., Hernández-Mejía, B. C., y Warren, A. D. (2014). Biodiversidad de Lepidoptera en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 353–371 pp.

MAE. (2010). Cuarto informe nacional para el convenio sobre la diversidad biológica. (Manthra, Ed.). Quito, Ecuador.

Magurran, A. E. (1998). Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Mahecha-Jiménez, O. J., Dumar-Rodríguez, J. C., y Pyrcz, T. W. (2011). Efecto de la fragmentación del hábitat sobre las comunidades de Lepidoptera de la tribu Pronophilini a lo largo de un gradiente altitudinal en un bosque andino en Bogotá (Colombia) (lepidoptera: Nymphalidae, satyrinae). SHILAP Revista de Lepidopterologia, 39(153), 117–126 pp.

Mart, T. (2005). Las perturbaciones naturales en los ecosistemas forestales., 1–15 pp.

Martin, B., y Montes, C. (2009). Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. Universidad Autónoma de Madrid, España. 4-5pp.

Martínez, A. (2008). Himenópteros parasitoides de Santa María Yavesí, Sierra Norte de Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional de Oaxaca.

Martínez, N. (2010). Avispas parasitoidies, intricadas estretegias de reproducciòn.

Martonas, J. (2014). Funciones de un ecosistema. Revista Mexicana de Biodiversidad.

Medina-Gaud, S. (1977). Manual de procedimientos para colectar, preservar y montar insectos y otros artrópodos. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, Estación Experimental Agrícola.

Mondragón, M. (2014). Uso de correlación de Spearman en un estudio de intervención de fisioterapia.

Molina, J., y Rodrigo, M. (2014). Inferencia estadística acerca de la relación entre variables.

Montoya, J., Solé, R., y Rodríguez, M. (2003). La arquitectura de la naturaleza: complejidad y

fragilidad en redes ecológicas. Asociación española de ecología terrestre.

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. MyT–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

Moreno, O., y Serna, F. (2006). Biología de *Peridroma saucia* (Lepidoptera: Noctuidae: Noctuinae) en flores cultivadas del híbrido comercial de *Alstroemeria spp.* Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín.

Naeem, S., Chair, S., Chapin, R., Frank, B., Hooper, D., Lawton, R., Neill. R. (1999). Biodiversity and Ecosystem Functioning: Maintaining Natural Life Support Processes.

Nicholls, C. (2000). Manejo de biodiversidad vegetal y el control biológico de insectos-plaga: caso de un viñedo orgánico.

Ocampo J. y Duque V. 1983. Planificación de un área de educación ambiental y recreación en la quinta experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja. Tesis Ingeniero Forestal. Loja, Ecuador.

Ocampo, J. (2012). Ecología del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Francisco Vivar Castro "PUEAR". Universidad Nacional de Loja.

OMM; PNUMA. (2002). Cambio Climático Y Biodiversidad. Documento Técnico V IPCC, 284(2), 93 p.

Peñaflor, M., Erb, M., Miranda, L., Werneburg, A., Bento, J. (2011). Herbivore-induced plant volatiles can serve as host location cues for a generalist and a specialist egg parasitoid.

Peraza, A. (2011). Preferencia de hospedero y parámetros de desarrollo de *Copitarsia decolora* sobre plantas seleccionadas para la diversificación del cultivo de uchuva (*Physalis peruviana*). Universidad Nacional de Colombia.

Pérez-Contreras, T. (1999). La especialización en los insectos fitófagos: una regla más que una excepción. Departamento de Biología Animal y Ecología, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

Pérez, J. (2005). Relaciones Interespecíficas de un grupo de micos maiceros cariblancos *Cebus albifrons versicolor* durante los procesos de rehabilitación y liberación. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

Ponce, T., Peláez, I., y Cruz, J. (1979). Estudio biológico del gusano canasta *Oiketicus Kirbyi* Lands Guilding (Lepidóptera: Psychidae) en plátano y reconocimiento de sus principales parasitoides. Universidad Nacional de Colombia.

Piedra, G. (2015). Patrones de diversidad de hormigas en el bosque nublado de la Reserva Arcoíris y la Reserva El Madrigal Ecuador. Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de

Loja.

Poelman, E., Bruinsma, M., Zhu, F., Weldegergis, B., Bourstan, A., Jongema, Y., Van Loon, J., Vet, L., Harvey, J., y Dicke, M. (2012). Hyperparasitoids Use Herbivore-Induced Plant Volatiles to Locate Their Parasitoid Host. Cornell University, United States of America.

Ponzio, C., Gols, R., Weldegergis, B., y Dicke, M. (2014). Caterpillar-induced plant volatiles remain a reliable signal for foraging wasps during dual attack with a plant pathogen or non-host insect herbivore.

Quesada, M. (2010). Informe final del proyecto "Evaluación de los impactos del cambio climático en polinizadores y sus consecuencias potenciales en el sector agrícola en México".

Quicke, D. (2015). The Braconid and Ichneumonid ParasitoidWasps: Biology, Systematics, Evolution and Ecology, First Edition. Chapter 8: Host Location, associative learning and host assement.

Quintero-Ángel, M., Carvajal-Escobar, Y., y Aldunce, P. (2012). Adaptación a la variabilidad y el cambio climático: Intersecciones con la gestión del riesgo. Universidad de Caldas.

Rahinds, M., Donald, R., Davis, R., y Price, W. (2009). Bionomics of Bagworms (Lepidoptera: Psychidae). The Annual Review of Entomology. 9 p.

Ramajo, M. (2010). Relaciones interespecíficas de lombrices de tierra en una parcela de El Molar (Madrid). Universidad Complutense de Madrid.

Reyes-Rosas, M; Lorea, J; López, J; Vargas, J. (2007). Parasitoides Hymenópteros de *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en el norte de Taumalipas, México.

Rojas, P. (2012). Evaluación del manejo , cumplimiento de objetivos y Actualización del Plan de Manejo del PUEAR .

Ríos, L. (2011). ¿Que son los parasitoides? 20-25 pp.

Rodríguez, A. et al. (2015). Diversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en un bosque de Pinus spp. y Juniperus flaccida en Jaumave, Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *86*(4), 972–980.

Rossini, C., y Gonzàlez, A. (2010). Alomonas, feromonas y Kairmonas. Universidad de Cornell (Estados Unidos).

Ruíz-Cancino; Coronado.Blanco, M; Rafaelevich, Smitri; Ivanovich, A. (2011). La diversidad de avispas parasitoides en Taumalipas: Familia Icheumonidae, *6*(1), 14–17.

Ruíz-Cancino, E., Rafaelevich-Kasparyan, D., González-Moreno, A., Khalaim, A. I., y

Coronado-Blanco, J. M. (2014). Biodiversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *85*(SUPPL.), 385–391.

SER, Society for Ecological Restoration International. (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration.

Schauff, M., Gates, M., y La Salle, J. (1989). Familia Euphonidae. 7 p.

Schmitz, O. (2009). Effects of predator functional diversity on grassland ecosystem function. Ecology Society of America.

Sobczyk, T. (2011). World Catalouge of Insects. Chapter 10: Psychdae (Lepidoptera).

Souza, L; Braga, S; Campos, M. (2006). Himenópteros parasitóides (insecta, hymenoptera) em área agrícola de Río Claro, sp, Brasil, 465–469 pp.

Strands, E. (2008). Enemigos naturales: parasitoides características del parasitismo en insectos, 54–138 pp.

Suganuma, M., y Durigan, G. (2015). Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. Society for Ecological Restoration.

Tejedor-Garavito., et al. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. Ecosistemas, *21*, 148–166.

Tobón, C. 2009. Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito.

Toraracchi, S. (2005). Deforestación de bosques Montanos y patrones de pérdida de hábitats en la región sur del Ecuador, 1–20 p.

Torres-Vila, L., Rodrıguez-Molina, M., Lacasa-Plasencia, A., Bielza-Lino, P., y Rodríguez del Rincón, Á. (2002). Pyrethroid resistance of Helicoverpa armigera in Spain: current status and agroecological perspective. Agriculture, Ecosystems and Environment 93:55–66.

Torres, L; Rodríguez, M; Palo, E; Del Estal; P; Lacasa, A. (2000). El complejo parasitario larvario de Helicoverpa armigera Hübner sobre tomate en las Vegas del Guadiana (Extremadura). Bol. San. Veg. Plagas, 323–333 pp.

Turlings, T., Loughrin, J., McCall, P., Rose, U., Lewis, W., y Tumlinson, J. (1995). How caterpillar-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps. 65 p.

Turlings, T., y Fritzsche,M. (1999). Attraction of parasitic wasps by caterpillar-damaged plants. 8-32 pp.

UAH, Universidad de Alcalà. (2005). Mètodos Estadisticos no paramétricos. Departaento de Estadística. 34 p.

Vanoye-Eligio, M., Melèndez-Ramirez, V., Ayala, R., Navarro, A., y Delfìn, H. (2015). Avispas depredadoras de àreas naturales protegidas del estado de Yucatàn, Mèxico.

Revista Mexicana de Biodiversidad. 9 p.

Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y Conservación. Acta Biológica Colombiana, 16, 221–246 pp.

Zuñiga-Reinoso, A. (2011). Los coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) de la región de Magallanes: nuevos registros y distribución regional. Anuales Instituto Patagonia (Chile). 59-71 pp.

9. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos sintetizada obtenida durante la fase de laboratorio (cría, montaje e identificación de los individuos recolectados) en la Reserva El Madrigal.

Orden	Nombre del adulto	Zona de muestreo	Sp. Vegetal	Nombre del individuo recolectado
Hymenoptera	Familia: Braconidae Subfamilia: Micrograstrinae sp 1 Sexo: Hembra	ZMR	Nombre Científico: *Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Psychidae sp 1
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Pimplinae Género: *Zonopimpla* sp 1 Sexo: Hembras	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Psychidae sp 1
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Pimplinae Género: *Zonopimpla* sp 1 Sexo: Machos			
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Ichneumoninae sp 1 Sexo: Hembra	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Especie Desconocida 1
	Familia: Encyrtidae sp 1 Sexo: Desconocido	ZMR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana.*
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Pimplinae Género: *Zonopimpla* sp 2 Sexo: Desconocido	ZAR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Psychidae sp 1
Lepidoptera	Familia: Noctuoidae	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Noctuoidae sp 1
	Familia: Psychidae	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Psychidae sp 1
	Familia: Pyralidae	ZMR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Pyralidae sp 1
Coleoptera	Nombre científico: Neda aequatoriana. Mulsant	ZAR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana*
	Nombre cienfifico: Neda aequatoriana. Mulsant	ZAR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana*
Hymenoptera	Familia: Encyrtidae sp 1 Sexo: Desconocido	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana*
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Mesochorinae Género: *Mesochorus* sp 1 Sexo: Macho	ZAR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Crambidae sp 1
Lepidoptera	Familia: Geometridae	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Geometridae sp 1
	Familia: Geometridae	ZMR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Geometridae sp 1
	Familia: Noctuidae Nombre científico: *Mamestra brassicae sp.*	PB	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Noctuidae Subfamilia: Noctuinae Género: *Mamestra* Especie: *brassicae*
Coleoptera	Nombre científico: Neda norrisi	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *norrisi*
	Nombre científico: Neda norrisi	ZAR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *norrisi*

Anexo 1. Continuaciòn

	Nombre científico: Neda aequatoriana. Mulsant	PB	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana*
Lepidoptera	Familia: Pyralidae	PB	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Pyralidae sp 2
	Familia: Nymphalidae	PB	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 1
	Subfamilia: Greta Papilionidae	PB	*Clusia latipies* Nombre común: Duco	Familia: Nymphalidae Subfamilia: Danainae Género: Greta sp 1
Coleoptera	Nombre científico: Neda sp.	ZAR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* sp 1 .
Hymenoptera	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Campopleginae sp 1 Sexo: Macho	ZAR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Crambidae sp 2
Lepidoptera	Familia: Nymphalidae	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 1
Coleoptera	Nombre científico: Neda aequatoriana. Mulsant	ZAR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana*
	Nombre científico: Epilachna sp.	ZMR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Epilachninae Género: *Epilachna* sp 1
	Nombre científico: Neda norrisi	PB	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *norrisi*
Hymenoptera	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Mesochorinae Género: *Mesochorus* sp 1 Sexo: Hembra	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Noctuidae sp 2
	Familia: Eulophidae Subfamilia: Eulophinae sp 2 Sexo: Desconocido	ZAR	Asteraceae sp.	Familia: Noctuidae sp 3
Lepidoptera	Familia: Eribidae Arctiinae	ZAR	Asteraceae sp.	Familia: Erebidae Subfamilia: Arctiinae sp 1
	Familia: Noctuidae	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Noctuidae sp 4
	Familia: Nymphalidae	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 1
	Familia: Nymphalidae	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 2
Coleoptera	Nombre científico: Cycloneda	PB	Asteraceae sp.	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Cycloneda* sp 1
	Nombre científico: Cycloneda	PB	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Cycloneda* sp 1
Lepidoptera	Familia: Nymphalidae	PB	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 1
	Familia: Nymphalidae	ZAR	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 1
	Nombre cientifico: Nymphalidae	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 1
Coleoptera	Nombre científico: Cycloneda	ZAR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Cycloneda* sp 1
	Especie Desconocida	ZAR	Asteraceae sp.	Familia: Crambidae sp 3
	Familia: Braconidae Subfamilia: Micrograstrinae sp 2 Sexo: Macho	ZAR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Psychidae sp 1
	Familia: Ichneumonidae	ZMR	*Sinchona officinalis*	Familia: Noctuidae sp 5

Anexo 1. Continuación

Hymenoptera	Subfamilia: Cryptinae sp 3 Sexo: Hembra			
	Familia: Braconidae Subfamilia: Rogadinae sp 1 Sexo: Hembras			
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Pimplinae Género: *Neotheronia* Especie: *concolor* Sexo: Macho	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Psychidae sp 1
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Pimplinae Género: Zonopimpla sp 2 Sexo: Macho			
Lepidoptera	Familia: Nymphalidae	ZAR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Nymphalidae sp 1
	Familia: Noctuidae Nombre científico: *Mamestra brassicae sp*	ZAR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Noctuidae sp 2
	Subfamilia: Greta Papilionidae	ZAR	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae Subfamilia: Danainae Género: Greta sp 1
Coleoptera	Nombre científico: Neda aequatoriana. Mulsant	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana*
	Nombre científico: Harmonia axiridis	ZMR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Harmonia* Especie: *axiridis*
	Nombre científico: Harmonia axiridis	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Harmonia* Especie: *axiridis*
Hymenoptera	Familia: Braconidae Subfamilia Meteorinae: Meteorinae sp 1 (1m)	ZAR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Noctuidae sp 6
	Familia: Braconidae Subfamilia Rogadinae: Rogadinae sp 1 (1h)	ZAR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Psychidae sp 1
	Familia: Braconidae Subfamilia: Microgastrinae sp 1 Sexo: Hembras	ZAR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Especie Desconocida 2
	Familia: Braconidae Subfamilia: Microgastrinae sp 1 Sexo: Macho			
Lepidoptera	Familia: Nymphalidae	ZAR	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 1
	Familia: Psychidae	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Psychidae sp 1
	Familia: Geometridae	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Geometridae sp 1

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Anexo 2. Base de datos sintetizada obtenida durante la fase de laboratorio (cría, montaje e identificación de los individuos recolectados) en el PUEAR.

Orden	Nombre del adulto	Zona de muestreo	Sp. Vegetal	Nombre del individuo recolectado
Hymenoptera	Familia: Encyrtidae sp 1 Sexo: Desconocido	ZMR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Crambidae sp 3
	Familia Eulophidae Subfamilia Entedoninae Género: *Trisecodes* sp 1 Sexo: Desconocido	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *norrisi*
Lepidoptera	Familia: Noctuoidae sp 6	ZAR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Noctuoidae sp 6
	Familia: Limacodidae sp 1	PB	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Limacodidae sp 1
Lepidoptera	Familia: Noctuoidae sp 7	ZAR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Noctuoidae sp 7
	Familia: Nymphalidae Subfamilia: Danainae Género: *Greta* sp 1	ZAR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Nymphalidae Subfamilia: Danainae Género: *Greta* sp 1
Coleoptera	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Epilachninae Género: *Epilachna* sp 2	ZAR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Epilachninae Género: *Epilachna* sp 2
Hymenoptera	Familia: Ichneumonidae Subfamilia Pimplinae Género: *Clistopyga sp 1* Sexo: Macho	ZAR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Pyralidae sp 2
Lepidoptera	Familia: Pieridae sp 1	ZAR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Pieridae sp 1
	Familia: Nymphalidae. Subfamilia: Nymphalinae Género: *Adelpha* Especie: *bredowii*	ZMR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Nymphalidae. Subfamilia: Nymphalinae Género: *Adelpha* Especie: *bredowii*
	Familia: Sphingidae sp 1	ZMR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Sphingidae sp 1
	Familia: Noctuidae sp 8	PB	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Noctuidae sp 8
Coleoptera	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Cycloneda* sp 1	ZMR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Cycloneda* sp 1
Hymenoptera	Familia: Braconidae Subfamilia: Rogadinae sp 1 Sexo: Hembra	ZAR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Erebidae Subfamilia: Arctiinae sp 1
Lepidoptera	Familia: Nymphalidae Subfamilia: Danainae Género: *Greta* sp 1	ZMR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Nymphalidae Subfamilia: Danainae Género: *Greta* sp 1
Hymenoptera	Familia: Eulophidae Subfamilia: Eulophinae sp 2 Sexo: Machos	ZMR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Noctuidae sp 9
	Familia: Eulophidae Subfamilia: Eulophinae sp 2 Sexo: Machos	PB	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Noctuidae sp 10
Coleoptera	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Harmonia* Especie: *axiridis*	ZMR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Harmonia* Especie: *axiridis*
	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *norrisi*	ZMR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *norrisi*
	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Cycloneda* sp 1	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Cycloneda* sp 1
	Familia: Coccinellidae	ZMR	*Viburnum triphyllum*	Familia: Coccinellidae

Anexo 2. Continuaciòn

	Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana*		Nombre Común: Rañez	Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana*
Hymenoptera	Familia: Eulophidae Subfamilia: Eulophinae sp 1 Sexo: Hembras	ZAR	Asteraceae sp.	Especie desconocida 3
	Familia: Eulophidae Subfamilia: Eulophinae sp 1 Sexo: Machos			
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Cryptinae sp 1 Sexo: Macho	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 3
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Cryptinae sp 1 Sexo: Desconocido			
	No son parasitoides	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *norrisi*
	Familia: Encyrtdae sp 1 Sexo: Desconocidos	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *norrisi*
	No son parasitoides	PB	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Epilachninae Género: *Epilachna* sp 1
Lepidoptera	Familia: Pyralidae sp 3	ZAR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Pyralidae sp 3
Coleoptera	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Epilachninae Género: *Epilachna* sp 2	ZAR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Epilachninae Género: *Epilachna* sp 2
	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* sp 1	ZMR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* sp 1
Diptera	Orden: Diptera Familia: Tachinidae sp 1 Sexo: Desconocido	ZMR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Lasiocampidae sp 1
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Campopleginae sp 1 Sexo: Hembra	ZAR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Especie desconocida 4
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Cryptinae sp 2 Sexo: Hembra	ZAR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Noctuidae sp 10
	Familia: Ichneumonidae Subfamilia: Campopleginae sp 2 Sexo: Hembra	ZMR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Geometridae sp 1
Lepidoptera	Familia: Nymphalidae Subfamilia: Heliconiinae Género: *Eueides* sp 1	ZAR	*Passiflora ligularis* Nombre Común: Granadillo	Familia: Nymphalidae Subfamilia: Heliconiinae Género: *Eueides* sp 1
	Familia: Papilionidae sp 1	PB	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Papilionidae sp 1
Hymenoptera	Familia: Encyrtidae sp 1 Sexo: Desconocido	ZAR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Nymphalidae sp 1
	Familia: Eulophidae Subfamilia: Tetraschinae sp 1 Sexo: Desconocido	ZMR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *norrisi*
	Familia: Eulophidae sp 3 Sexo: Desconocido	ZAR	*Alnus acuminata* Nombre Común: Aliso	Familia: Crambidae sp 4
Coleoptera	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana.*	ZAR	*Myrsine sodiroana* Nombre Común: Maco-Maco	Familia: Coccinellidae Subfamilia: Coccinellinae Género: *Neda* Especie: *aequatoriana.*
Lepidoptera	Familia: Nymphalidae sp 1	ZMR	Asteraceae sp.	Familia: Nymphalidae sp 1
	Familia: Nymphalidae. Subfamilia: Nymphalinae Género: *Adelpha* Especie: *bredowii*	ZMR	*Viburnum triphyllum* Nombre Común: Rañez	Familia: Nymphalidae. Subfamilia: Nymphalinae Género: *Adelpha* Especie: *bredowii*
	Familia: Erebidae Subfamilia: Arctiinae sp 3	ZMR	*Miconia obscura* Nombre Común: Colca	Familia: Erebidae Subfamilia: Arctiinae sp 3

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Anexo 3. Abundancia y Riqueza total de las larvas y pupas del orden Coleoptera y Lepidoptera recolectadas en campo en ambas àreas de estudio.

Orden	Familia	Número de individuos
Coleoptera	Coccinellidae	52
Lepidoptera	Crambidae	5
	Desconocida	31
	Erebidae	3
	Geometridae	4
	Lasiocampidae	1
	Limacodidae	1
	Noctuidae	17
	Nymphalidae	24
	Papilionidae	1
	Pieridae	1
	Psychidae	27
	Pyralidae	4
	Sphingidae	1
Total general		**172**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Anexo 4. Valores de los ìndices de diversidad de cada especie de Hymenopetera parasitoides identificados en ZAR y ZMR en ambas àreas de estudio.

Índices de biodiversidad en la Reserva El Madrigal en ZAR			
Riqueza (S)	**Nº de especies**	**Shannon (H')**	**Simpson (D)**
Campopleginae sp 1	1	-0,1324189	0
Eulophidae sp 2	1	-0,1324189	0
Mesochorus sp 1	1	-0,1324189	0
Meteorinae sp 1	1	-0,1324189	0
Microgastrinae sp 1	10	-0,3647786	0,16304348
Microgastrinae sp 2	1	-0,1324189	0
Rogadinae sp 1	1	-0,1324189	0
Zonopimpla sp 2	8	-0,3662041	0,10144928
Total	**24**	**1,52549619**	**0,73550725**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Índices de biodiversidad en la Reserva El Madrigal en ZMR			
Riqueza (S)	**Nº de especies**	**Shannon (H')**	**Simpson (D)**
Encyrtidae sp 1	12	-0,3651266	0,16256158
Ichneumoninae sp 1	1	-0,1161136	0
Mesochorus sp 1	1	-0,1161136	0
Microgastrinae sp 1	1	-0,1161136	0
Neotheronia concolor	1	-0,1161136	0
Zonopimpla sp 1	12	-0,3651266	0,16256158
Zonopimpla sp 2	1	-0,1161136	0
Total	**29**	**1,31082136**	**0,67487685**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Índices de biodiversidad en el PUEAR en ZAR			
Riqueza (S)	**Nº de especies**	**Shannon (H')**	**Simpson (D)**
Campopleginae sp 1	1	-0,1107738	0
Clistopyga sp 1	1	-0,1107738	0
Cryptinae sp 2	1	-0,1107738	0
Encyrtidae sp 1	7	-0,3360174	0,04516129
Eulophidae sp 1	19	-0,3000457	0,36774194
Eulophidae sp 3	1	-0,1107738	0
Rogadinae sp 1	1	-0,1107738	0
Total	**31**	**1,18993199**	**0,58709677**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Índices de biodiversidad en el PUEAR en ZMR			
Riqueza (S)	**Nº de especies**	**Shannon (H')**	**Simpson (D)**
Campopleginae sp 2	1	-0,1605762	0
Cryptinae sp 1	2	-0,2441361	0,00653595
Encyrtidae sp 1	4	-0,3342394	0,03921569
Eulophidae sp 2	2	-0,2441361	0,00653595
Tachinidae sp 1	1	-0,1605762	0
Tetraschinae sp 1	6	-0,3662041	0,09803922
Trisecodes sp 1	2	-0,2441361	0,00653595
Total	**18**	**1,75400413**	**0,84313725**

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Anexo 5. Valores de la corelaciòn de Spearman entre la tasa de parastoidismo y los indcies de diversidad en cada zona de recuperaciòn en ambas àreas de estudio.

Área de estudio	Zona de recuperación	Tasa de parasitoidismo	Shannon (H')	Simpson (D)	Riqueza (S)
Reserva El Madrigal	ZAR	0,632	1,632	0,756	8
Reserva El Madrigal	ZMR	0,645	1,311	0,674	7
PUEAR	ZAR	0,794	1,189	0,587	7
PUEAR	ZMR	,0636	1,754	0,843	7

Fuente: Datos generados en el estudio (elaboración propia).

Anexo 6. Fotografías del poceso de investigaciòn en la fase fase de laboratorio.

Almacenamiento de las muestras en recipientes de plástico.

Preservación de parasitoides y coleópteros en etanol al 75%.

Almacenamiento de las exuvias y capullos.

Montaje de parasitoides para su identificación.

Caja entomológica de coleópteros y parasitoides

Caja entomológica de lepidópteros