UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

EVALUACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE HIMENÓPTEROS COMO INDICADORES DEL AVANCE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA RESERVA BIOLÓGICA TAPICHALACA, ZAMORA CHINCHIPE

Tesis de grado previo a la obtención del título de **INGENIERA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

AUTORA

Ximena Lizbeth López Flores

DIRECTORA

Marina Mazón, Ph.D.

LOJA-ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN

En calidad de Directora de la tesis titulada **"EVALUACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE HIMENÓPTEROS COMO INDICADORES DEL AVANCE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA RESERVA BIOLÓGICA TAPICHALACA, ZAMORA CHINCHIPE"**, de autoría de la señorita **Ximena Lizbeth López Flores,** 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, 16 enero del 2019.

Atentamente,

Marina Mazón, Ph.D.

DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICACIÓN

En calidad de Tribunal Calificador de la tesis titulada **"EVALUACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE HIMENÓPTEROS COMO INDICADORES DEL AVANCE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA RESERVA BIOLÓGICA TAPICHALACA, ZAMORA CHINCHIPE"**, de autoría de la señorita **Ximena Lizbeth López Flores** 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, 16 de enero de 2019

Atentamente,

Eco. Katiuska Valarezo, Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

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

Blga. Aura Paucar, Mg. Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Yo, Ximena Lizbeth López Flores declaro ser autor del presente trabajo de tesis 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 al Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Ximena Lizbeth López Flores

Firma: _____

Cédula: 0706650090

Fecha: Loja, 16 enero del 2019

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, **Ximena Lizbeth López Flores**, declaro ser autor de la tesis titulada **"EVALUACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE HIMENÓPTEROS COMO INDICADORES DEL AVANCE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA RESERVA BIOLÓGICA TAPICHALACA, ZAMORA CHINCHIPE"**, 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:

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes de enero del dos mil diecinueve, firma la autora.

Firma:.....

Autora: Ximena Lizbeth López Flores

Número de cédula: 0706650090

Dirección: Loja, Barrio Los Cocos **Correo:** ximelizbeth19@gmail.com

Celular: 0980175978

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Marina Mazón, Ph.D.

Tribunal de Grado: Eco. Katiuska Valarezo, Mg. Sc.

Ing. Santiago García, Mg. Sc.

Blga. Aura Paucar, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi eterno agradecimiento primeramente a Dios, por haberme dado el don de la vida, por la maravillosa familia en la que me ha enviado y por cada una de las obras que ha hecho en mí, manifestando su inmenso amor.

A mis padres, Efrén y Carmen por su incondicional apoyo, por su esfuerzo y dedicación inagotables para con nosotros, a mi hermano Daniel por cada palabra de aliento y su apoyo brindado, a mi hermano César (+) por demostrarme su amor y compañía a pesar de su ausencia y a mi hermana María por contagiarme con su entusiasmo y demostrarme su amor puro e incondicional.

Un profundo agradecimiento a cada uno de los Docentes que fueron parte de mi proceso de formación académica, por todos los conocimientos adquiridos y las experiencias compartidas. Un agradecimiento especial a Marina Mazón, Ph.D. por su valiosa contribución en esta investigación, por su paciencia y oportunos consejos y sobre todo por su gran calidad humana.

A todos mis compañeros/as, con quienes he compartido grandes y valiosos momentos, en especial a Daniel por su amor y apoyo incondicional, a Karina, Daniela, Mishell, Yosselyn, Lino, Juan y Christian, gracias por su valiosa amistad, compañerismo y por los buenos momentos compartidos.

Finalmente, agradezco a todos mis familiares y amigos/as, quienes de una forma u otra contribuyeron en la culminación de esta meta, gracias y que Dios los bendiga siempre.

La Autora

DEDICATORIA

Me permito dedicar el presente trabajo, primeramente, a Dios por nunca dejarme caer y darme siempre las fuerzas necesarias para seguir, a la Virgen María por ser mi madre y siempre escuchar mis oraciones.

A mis padres, por todo el esfuerzo que han hecho para que yo pudiera concluir mis estudios, a mis hermanos por darme su apoyo y palabras de aliento en todo momento.

En especial, quiero dedicar este trabajo a un ángel del cielo, mi hermano César, por haberme enseñado en la infancia a no rendirme, a ser perseverante y siempre esforzarse para conseguir la meta trazada, por enseñarme grandes valores, uno de ellos, la humildad, y por haber confiado y creído en mí, siempre. Aunque ahora no estés con nosotros, llevo grabado en mí cada una de tus enseñanzas.

La Autora

ÍNDICE GENERAL

Contenido **Pág.**

ÍNDICE GENERAL VII
ÍNDICE DE CUADROS IX
ÍNDICE DE FIGURAS X
ÍNDICE DE ANEXOS XI
RESUMEN XIII
ABSTRACT XIV

1. INTRODUCCIÓN 1
Objetivo General 2
Objetivos Específicos 2

2. MARCO TEÓRICO 3
2.1 Ecosistemas 3
2.2 Restauración ecológica 5
2.3 Monitoreo del Avance de la Restauración Ecológica 7
2.4 Indicadores de Monitoreo de la Restauración 7
2.5 Orden Hymenoptera 8
2.5.1. Generalidades 8
2.5.2. Clasificación 9
2.5.3. Estrategias Tróficas de los Hymenópteros 10

3. MATERIALES Y MÉTODOS 15
3.1 Ubicación del área de estudio 15
3.4 Metodología para cuantificar la diversidad de las comunidades de himenópteros en función del nivel de conservación (restauración, conservación y degradación) de la reserva. 17
3.5 Metodología para analizar la relación entre la diversidad de las comunidades de himenópteros y los niveles de conservación de la reserva Tapichalaca 18
3.6 Metodología para evaluar las familias indicadoras para el monitoreo de restauración ecológica en la reserva Tapichalaca. 19

4. RESULTADOS 20

4.1 DIVERSIDAD DE LAS COMUNIDADES DE HIMENÓPTEROS EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONSERVACIÓN: CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y DEGRADACIÓN 20

4.2 RELACIÓN ENTRE LA DIVERSIDAD DE LAS COMUNIDADES DE HIMENÓPTEROS Y LOS NIVELES DE CONSERVACIÓN DE LA RESERVA……..23

4.3 POTENCIALES FAMILIAS INDICADORAS PARA EL MONITOREO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA RESERVA TAPICHALACA. 24

5. DISCUSIÓN 27

6. CONCLUSIONES 33

7. RECOMENDACIONES 34

8. BIBLIOGRAFÍA 35

9. ANEXOS 42

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido **Pág.**

Cuadro 1. Ubicación de los puntos de muestreo en cada zona de conservación..... 16

Cuadro 2. Número de individuos correspondientes a las superfamilias y familias identificadas en las tres zonas de conservación de la Reserva Biológica Tapichalaca. Grupo trófico al que pertenecen: polinizadores (POL), parasitoides (PAR), depredadores (DEP), fitófagos (FIT). 20

Cuadro 3. Diversidad de las comunidades de himenópteros en las zonas de conservación de la reserva. En negrita, los valores de diversidad más altos calculados por los índices H y D. 22

Cuadro 4. Valores del test Kruskal-Wallis para la riqueza y abundancia de las familias de himenópteros encontradas en la reserva. 23

Cuadro 5. Abundancia de potenciales familias indicadoras por zonas de conservación. 24

Cuadro 6. Valores del test Kruskal-Wallis y niveles de significancia (p-valores) para la abundancia de las potenciales familias indicadoras en función del nivel de conservación. En negrita se indican los valores no significativos. 25

Cuadro 7. P-valores para la abundancia de las potenciales familias indicadoras en función del nivel de conservación: a) familia Ichneumonidae, b) familia Braconidae y c) familia Diapriidae. En negrita se indican los valores no significativos..... 25

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido **Pág.**

Figura 1. Ubicación del Área de Estudio..... 15

Figura 2. Trampas de intercepción tipo Malaise colocadas en cada zona de conservación: (a) zona conservada, (b) zona restaurada y (c) zona degradada..... 17

Figura 3. Abundancia de cada grupo funcional de las familias de himenópteros encontradas en cada nivel de conservación de la Reserva Biológica Tapichalaca..... 22

Figura 4. Diagrama boxplot para la riqueza (a) y abundancia (b) de familias en las tres zonas de conservación de la reserva. 23

Figura 5. Árbol de similitud de las comunidades de familias entre las zonas de conservación de la Reserva..... 24

Figura 6. Diagrama Boxplot para la abundancia de individuos por familia en función del nivel de conservación: Ichneumonidae (a), Braconidae (b), Diapriidae (c). 26

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido **Pág.**

Anexo 1. Super familias y familias encontradas para la zona conservada..... 42

Anexo 2. Super familias y familias encontradas para la zona en restauración 43

Anexo 3. Super familias y familias encontradas para la zona degradada 44

Anexo 4. Abundancia de las potenciales familias indicadoras por número de muestra 45

Anexo 5. Fotografías de los himenópteros encontrados e identificados. 46

EVALUACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE HIMENÓPTEROS COMO INDICADORES DEL AVANCE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA RESERVA BIOLÓGICA TAPICHALACA, ZAMORA CHINCHIPE

RESUMEN

La eficacia de la restauración ecológica radica en el monitoreo de sus actividades, para lo cual se ha utilizado diferentes indicadores. La presente investigación evalúa las comunidades de himenópteros como potenciales organismos indicadores del avance de la restauración ecológica, la cual se realizó en la Reserva Biológica Tapichalaca tomando en cuenta tres niveles de conservación (una zona bien conservada, una zona en proceso de restauración y una zona visiblemente degradada) para conocer la sensibilidad de la diversidad de familias de himenópteros y sus grupos funcionales ante distintos grados de perturbación. El muestreo se ejecutó por 6 semanas consecutivas, obteniendo un total de 1152 himenópteros (245 en la zona conservada, 348 en la zona en proceso de restauración y 559 en la zona degradada). No hubieron diferencias respecto a los grupos funcionales, ya que hubo una clara dominancia de los parasitoides en las tres zonas. La mayor diversidad de familias se encontró en la zona en proceso de restauración, aunque no se encontraron diferencias significativas en riqueza y abundancia de familias en relación a los niveles de conservación evaluados. También se determinó una baja eficiencia de muestreo principalmente en las zona conservada y en la zona en proceso de restauración. La familia Diapriidae es la que mostró mayor relación con la zona degradada, por lo que se la puede considerar como una potencial familia indicadora de este tipo de áreas, por lo que es recomendable realizar un estudio más exhaustivo de estas familias y de las zonas evaluadas.

Palabras claves: himenópteros, indicadores, restauración ecológica.

ABSTRACT

The effectiveness of the ecological restoration lies in the monitoring of its activities, for which different indicators have been used. This research tries to evaluate Hymenopteran communities as potential organisms that indicate the progress of the ecological restoration, which was carried out in the Tapichalaca Biological Reserve taking into account three levels of conservation (a well conserved zone, an area in the process of restoration, and a visibly degraded area) to know the sensitivity of the diversity of Hymenoptera families and their functional groups to different degrees of disturbance. Sampling was carried out for 6 consecutive weeks, obtaining a total of 1152 Hymenopterans (245 in the conserved area, 348 in the area under restoration, and 559 in the degraded zone). There were no differences regarding the functional groups, since there was a clear dominance of the parasitoids in the three zones. The greatest diversity of families was found in the area under restoration. Although no statistically significant differences were found in richness and abundance of families in relation to the conservation levels evaluated. A low sampling efficiency was also determined mainly in the conserved and restored areas. The post hoc analysis carried out found that the Diapriidae family is the one that shows the greatest relationship with the degraded zone, so it can be considered as a potential indicator family or this type of area. It is advisable to conduct a more exhaustive study of these families and the target areas.

Key words: Hymenoptera, indicators, ecological restoration.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de los ecosistemas radica en los diferentes servicios que éstos ofrecen al ser humano (Bulte et al., 2005). La pérdida de biodiversidad y la disminución de bienes y servicios se han adjudicado a los cambios radicales que ha tenido el ser humano frente al crecimiento demográfico, las formas de producción y la expansión de la frontera agrícola (Duque et al., 2010; Jorquera-Jaramillo et al., 2012; Aguirre et al., 2013)

Ecuador es uno de los diez países con mayor diversidad biológica del mundo y provee diferentes servicios ecosistémicos a la población; sin embargo, es evidente la constante pérdida de biodiversidad y el deterioro de los servicios ecosistémicos (Bovarnick et al., 2010), poniendo en riesgo el funcionamiento y la capacidad de resiliencia de los mismos, e impidiendo el flujo continuo de los servicios ecosistémicos para las presentes y futuras generaciones (De Groot et al., 2012).

La idea de conservar, reparar o remediar los ecosistemas dañados que surge en los años 80 (Vargas, 2008), propone alternativas como la restauración, con la finalidad de ayudar a la recuperación de un ecosistema degradado, aportando ideas que ayuden a su recuperación (SER, 2004 y Aguirre et al., 2013). La restauración ecológica implica la recuperación de la integridad ecológica de los ecosistemas mediante la implementación de diferentes actividades (Vargas, 2008), por lo que se considera un proceso a largo plazo (Murcia y Guariguata, 2014), en donde se debe conocer la eficiencia de las actividades implementadas mediante el seguimiento de los ecosistemas en recuperación. Para esto, la utilización de organismos indicadores como los himenópteros pueden aportar valiosa información (Ramírez y González, 2009), ya que son considerados organismos útiles para el monitoreo de áreas en proceso de restauración, debido a la alta sensibilidad que poseen frente a los cambios en su hábitat (Fernandez y Zambrano, 2011).

En Ecuador, las prácticas de restauración ecológica aún se consideran incipientes (Aguirre, 2011), aunque el país está comprometido a nivel gubernamental con los objetivos de la Iniciativa 20x20 (Meli et al., 2017) a los cuales contribuye con planes nacionales de restauración (MAE, 2014). También existen estudios científicos recientes que contribuyen al conocimiento y evaluación de organismo indicadores de restauración (Aguirre et al., 2013; Aguirre y Torres, 2013; Mazón et al., 2017)

La importancia de la presente investigación radica en contribuir a los procesos de restauración implementados en la Reserva Biológica Tapichalaca (Fundación JOCOTO), mediante el análisis de organismos indicadores (himenópteros), que sean aptos para el monitoreo y seguimiento de las actividades de restauración implementadas. Además, se contribuye al incremento del conocimiento científico y la aportación de nuevos resultados que ayuden a establecer los posibles indicadores que se deben tomar en cuenta para el monitoreo de restauración en las reservas o ecosistemas del país.

El presente trabajo pretende analizar la diversidad de las comunidades de himenópteros como indicadores de restauración en distintas zonas de conservación de la reserva, con la finalidad de evaluar su sensibilidad y su uso potencial como indicadores de procesos de monitoreo de restauración ecológica. Para ello, se han planteado los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Evaluar la diversidad de las comunidades de himenópteros como indicadores del avance de restauración ecológica en los distintos niveles de conservación de la Reserva Biológica Tapichalaca, Zamora Chinchipe.

Objetivos Específicos

- Cuantificar la diversidad de las comunidades de himenópteros en función del nivel de conservación (restauración, conservación y degradación) en la Reserva Tapichalaca.
- Analizar la relación entre la diversidad de las comunidades de himenópteros y los niveles de conservación en la Reserva Biológica Tapichalaca.
- Evaluar las familias indicadoras para el monitoreo de restauración ecológica en la Reserva Tapichalaca.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Ecosistemas

Los ecosistemas comprenden la interacción entre los seres vivos y los elementos inertes, además del movimiento de energía y materia que existe entre ellos (Chediack, 2009). Los componentes que forman parte del ecosistema interactúan adaptándose a los diferentes cambios de su entorno a través del tiempo, por lo que, no tienen un estado particular considerado óptimo sino que se encuentran en constante cambio, y por esa capacidad adaptativa es capaz de sobrellevar perturbaciones naturales sin rebasar ciertos límites (Sánchez et al., 2005).

Sin embargo, a través del tiempo los ecosistemas han sido degradados más allá de dichos límites a causa de las actividades antrópicas y el uso desmesurado de los recursos naturales (Sánchez et al., 2005). Para Aguirre et al. (2013), los daños ecosistémicos se hacen evidentes cuando se ha afectado la estructura, composición y/o funciones del ecosistema. La degradación de los ecosistemas puede definirse como los "cambios graduales" que reducen la integridad y salud ecológica del ecosistema, siendo el mayor efecto la degradación de la diversidad biológica y con ella su funcionalidad (Rockström et al., 2009).

Como se mencionó anteriormente, los ecosistemas presentan una capacidad de resistencia a ciertos cambios originados por distintas afectaciones (Sánchez et al., 2005), es decir, tienen la capacidad de recuperar sus atributos estructurales y funcionales después de haber sido afectados, volviendo así a su estado natural. Esta capacidad es conocida como resiliencia y permite que el sistema natural pueda regenerarse y mantener su estado de equilibrio (Jiménez, 2009; Aguirre et al., 2013). Begon et al., (2006) manifiestan que la resiliencia de un ecosistema viene dada como la velocidad con la que el sistema vuelve a su estado inicial después de haber sido alterado. Por lo tanto, se considera que la resiliencia es una característica única propia del ecosistema, lo que permite un cierto grado de estabilidad (Sánchez et al., 2005). Sin embargo, cuando la extensión, magnitud y recurrencia de las perturbaciones sobrepasan la capacidad de resiliencia del ecosistema, los cambios cualitativos del mismo pueden convertirse en irreversibles (Sánchez et al., 2005); es aquí en donde la intervención humana puede ser la única solución para intentar recuperar los componentes originales de la estructura y funcionamiento del ecosistema.

2.1.1 Funciones y servicios de los ecosistemas

La conservación de la biodiversidad es fundamental para la supervivencia del ser humano, ya que ésta proporciona los recursos naturales que el ser humano utiliza para su desarrollo (Chediack, 2009). Para Thompson (2011), la biodiversidad es el sostén de la mayor parte de bienes y servicios ecosistémicos que puede proporcionar al ser humano. Los bienes del ecosistema pueden definirse como las propiedades del ecosistema que tienen en el mercado un valor directo como los alimentos, plantas medicinales, animales, turismo, etc., mientras que los servicios ecosistémicos son aquellas propiedades que benefician directa o indirectamente al ser humano como los ciclos hidrológicos, regulación del clima, polinización, ciclo de los nutrientes, entre otros (Hooper et al., 2005).

La diversidad garantiza la permanencia, bienestar y equilibrio de la vida, cuanto más diverso sea un ambiente más oportunidades tiene de resistir o recuperarse de un desastre y así mismo proporciona mayores recursos (bienes y servicios) al ser humano (Chediack, 2009).

De Groot et al. (2012) mencionan que la degradación de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad continúan a gran escala, a pesar de la creciente conciencia que el ser humano ha tenido sobre la importancia de los mismos. La tasa de destrucción de estos ecosistemas es apresurada debido a que se llevan a cabo prácticas agrícolas, ganaderas, industriales y de explotación no sostenibles, lo que provoca el desequilibrio de los ecosistemas y la reducción de los servicios que éstos nos proporcionan (Vargas, 2011).

Debido a que las actividades humanas son extensas y provocan el deterioro de los servicios ecosistémicos se propone que la sociedad considere incluir el valor de estos servicios en la toma de decisiones (De Groot et al., 2012). Como parte de la solución aportada a este problema se estableció la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, el cual pretende mostrar a la sociedad (personas e instituciones) el valor que tienen los servicios ecosistémicos en el apoyo del bienestar humano, tomando en cuenta los valores materiales e intangibles en la toma de decisiones (Daily et al., 2009).

En la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio se reconocen cuatro grandes servicios ecosistémicos (De Groot et al., 2012).

- *Apoyo:* ciclo de nutrientes, formación de suelos y producción primaria.
- *Aprovisionamiento:* alimentos, agua dulce, madera, fibra y combustibles.
- *Cultura:* estético, espiritual, educativo y recreativo.

- *Regulación:* regulación de clima, inundaciones, enfermedades y purificación del agua.

2.2 Restauración ecológica

Debido al deterioro ambiental causado por las actividades antrópicas, el manejo de los ecosistemas mediante la conservación y la recuperación de los ecosistemas degradados a través de la restauración ecológica han tomado gran relevancia como solución a los procesos de degradación y pérdida de biodiversidad (Vargas, 2008).

La restauración ecológica está ligada con el funcionamiento de los ecosistemas y pretende mejorar los componentes básicos de su estructura, función y composición; sin embargo, se debe tomar en cuenta que no siempre retornan a su estado original, debido al tipo y magnitud de las alteraciones que sufrieron, y de las limitaciones y condiciones actuales (SER, 2010; Sánchez et al., 2005; Aguirre et al., 2013).

Por otra parte, el éxito de la restauración ecológica requiere la aplicación planificada de técnicas y estrategias dirigidas a la recuperación de los componentes básicos del ecosistema (Aguirre et al., 2013). Sánchez et al. (2005) menciona que existen algunas condiciones, que deben ser permanentes, para lograr los resultados esperados de la restauración ecológica, los cuales se resumen en los siguientes:

- ✓ Remoción o reducción al mínimo de la causa que originó el deterioro.
- ✓ Reconsideración de aquellas actividades humanas que originan causas de daño, buscando la compatibilidad entre las actividades humanas y el funcionamiento de los ecosistemas.

La importancia de este fenómeno ha generado el avance de sus fundamentos científicos y sus métodos teóricos y prácticos, lo que permite la existencia de varias herramientas para enfrentar los altos niveles de degradación de los ecosistemas del planeta (Sanderson et al., 2002).

La restauración de los ecosistemas, al ser una intervención intencionada, cobra cada vez mayor atención como estrategia para la recuperación del funcionamiento y los servicios ecosistémicos (Keenleyside et al., 2014). Su importancia radica en los beneficios que la implementación de ésta brinda, ya sea con fines de investigación o de desarrollo: la restauración ecológica favorece las condiciones ambientales locales, los servicios ecosistémicos a escala y la capacidad de producción de los lugares recuperados (SER, 2004; Vargas y Reyes, 2011). Para Keenleyside et al. (2014), la restauración ecológica ofrece la esperanza, no solo de reparar los daños ecológicos, sino

también de renovar oportunidades económicas, fortalecer prácticas culturales y mejorar la capacidad ecológica y social para adaptarse a los cambios ambientales. La mejora de la calidad de vida de las poblaciones beneficiantes debido a la creación de fuentes de trabajo, también debe considerarse como aporte de la implementación de un proceso restauración (Aguirre et al., 2013).

La restauración ecológica está basada en el conocimiento y la práctica (Keenleyside et al., 2014), e incluye varias disciplinas científicas, sociales, económicas, políticas y éticas (Vargas y Reyes, 2011). Como proceso incluyente reconoce las interrelaciones entre la naturaleza y la cultura, e involucra a todos los sectores de la sociedad.

Algunos autores (Vargas y Reyes, 2011; SER, 2010; Murcia y Guariguata, 2014) mencionan que los procesos de restauración ecológica tienen un alto grado de incertidumbre, debido a que las técnicas y enfoques aún están desarrollándose, y aún se desconoce en detalle los procesos de sucesión de la mayoría de ecosistemas, por lo que existirán procesos que no serán del todo exitosos. Para esto último, se debe tener en cuenta que la restauración ecológica también depende del estado de alteración, la escala y el nivel de organización (Vargas y Reyes, 2011), así como del tiempo, los recursos y el esfuerzo que se inviertan (Keenleyside et al., 2014).

Sin embargo, son muchos los casos de procesos de restauración aplicados en todo el mundo que han tenido éxito (SER, 2010). En países latinos la restauración ecológica ha tenido gran relevancia; países como Brasil se han considerado pioneros de la restauración ecológica a pesar de las altas tasas de deforestación que éste presenta durante ya varios años, tal es el caso de la recuperación de la Mata Atlántica o Bosque Atlántico, en donde se ha realizado plantaciones de muchas especies nativas de diferentes grupos funcionales, y cuyo planteamiento de colaboración entre distintas instituciones constituye un ejemplo de restauración efectiva (Rodrigues et al., 2009). Colombia también ha implementado proyectos de restauración enfocados principalmente en la zona Andina, en donde los suelos no poseen una aptitud agrícola importante, cuya motivación ha sido conservar y regular los caudales de fuentes de agua (Murcia y Guariguata, 2014). Otros países como México, Argentina y Chile también han implementado la restauración ecológica en sus ecosistemas más degradados obteniendo favorables resultados y en donde se ha pretendido enfatizar la importancia entre la conexión que existe entre la economía y la ecología (Aronson et al., 2007). En Ecuador la restauración ecológica en los últimos años ha ido tomando gran relevancia, enfocándose principalmente en instrumentos legales que buscan regular las actividades

de recuperación de los procesos naturales y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, así también los avances en el conocimiento científico se han evidenciado con énfasis en el análisis de la regeneración natural, las caracterizaciones florísticas, y la reforestación con especies nativas. Actualmente, el Ecuador trabaja con metas de restauración de ecosistemas frágiles (Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021) y con la creación de una nueva estrategia denominada Reverdecer Ecuador, cuyo objetivo se enfoca en intervenir de manera integral en la problemática socio ambiental del país, garantizando los Derechos de la Naturaleza y el bienestar de las futuras generaciones. Esta estrategia consta de siete pilares fundamentales, uno de ellos la Restauración Forestal, respecto a la cual se establecerán lineamientos que ayuden a disminuir la tasa anual de deforestación del país (Ministerio del Ambiente, 2018).

2.3 Monitoreo del Avance de la Restauración Ecológica

El monitoreo consiste en realizar seguimientos y evaluaciones continuas a los cambios que experimentan los ecosistemas que han sido sometidos a actividades de restauración (Vargas, 2011).

Algunos autores (Legg y Nagy, 2006; Chediack, 2009; Murcia y Guariguata, 2014) manifiestan que el éxito de la restauración radica en el monitoreo, ya que permite dar seguimiento a los objetivos planteados y así observar cuando éstos no se están cumpliendo, además mide los efectos de las perturbaciones que sufre el ecosistema y el éxito de la acciones implementadas (Legg y Nagy, 2006), por lo que, se puede considerar que la restauración ecológica dependerá de un monitoreo y evaluación efectiva en campo para examinar las estrategias implementadas y definir la dinámica general del ecosistema en el tiempo, hasta recuperar su funcionalidad (Aguirre y Torres, 2013).

2.4 Indicadores de Monitoreo de la Restauración

Los indicadores de monitoreo de la restauración se pueden definir como variables que permiten evaluar el estado del ecosistema en cualquier punto del proceso de restauración, con respecto a los objetivos de restauración planteados (Vargas et al., 2012). Estos indicadores deben ser apropiados para la escala y el tipo de restauración que se vaya a tratar, además se debe considerar un método estándar para medir sus variaciones referidas al tiempo y al espacio (Vargas, 2008).

Los indicadores de la restauración ecológica pueden ser de diferentes tipos: biofísicos, socioeconómicos, cuantitativos y cualitativos, considerando el ecosistema

que se va a restaurar (Torres-Celi et al., 2017). Díaz-Martín (2007) menciona además que los indicadores elegidos para el monitoreo deben cumplir ciertas características, como:

- ✓ Ser definibles claramente
- ✓ Ser fácilmente medibles e interpretables
- ✓ Ser útiles para múltiples análisis
- ✓ No tener carácter destructivo
- ✓ Brindar el máximo de información por unidad de área
- ✓ Proveer información con respecto al incremento en las características deseables y la reducción de las no deseables.

Por tanto, una variable o componente es considerado como indicador cuando su presencia, ausencia o fluctuación manifiesta cambios que están ocurriendo en el ecosistema (Dale y Beyeler, 2001). Por ello, el éxito de un proceso de restauración no solo dependerá del planteamiento claro de objetivos y metas, sino que será de suma importancia la implementación de un programa de monitoreo y la selección adecuada de indicadores ambientales, ecológicos, sociales y/o económicos, que permitan evidenciar los beneficios del proceso de restauración a los tomadores de decisiones (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015).

En este sentido, en los indicadores biofísicos se consideran criterios como la diversidad de especies (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015), que aporta valiosa información sobre el proceso de restauración, tal es el caso de los insectos y algunos artrópodos, que son considerados como organismos de gran eficiencia para evaluar la recuperación de los ecosistemas, ya que su elevado grado de sensibilidad ante los cambios en el ambiente permite inferir, a través de parámetros poblacionales, el estado y la riqueza de los ecosistemas, los cambios en la estructura ecológica o disminución del flujo de materia y energía (Brown Jr., 2001; Barbieri y Dias, 2012), siendo los himenópteros uno de los mejores indicadores en cuanto a tendencias de degradación, restauración y recuperación de ecosistemas (Kremen, 1994; Brown Jr., 2001)

2.5 Orden Hymenoptera

2.5.1. Generalidades

El orden Hymenoptera es considerado uno de los órdenes de insectos “hiperdiversos”, de los cuales se conocen alrededor de 160000 especies y además se los

puede encontrar en todos los ecosistemas del planeta (Fernández y Pujade-Villar, 2015). Nieves-Aldrey y Fontal-Cazalla (1999) manifiestan que los himenópteros no solo se destacan por la gran riqueza que poseen, sino también por la diversidad de modos de vida que tienen, que van desde la fitofagia a la predación y el parasitismo, y desde el comportamiento solitario hasta el mutualismo o formación de sociedades complejas.

Los himenópteros experimentan una metamorfosis, en este caso de tipo completa u holometábola, pasando por las fases de huevo, larva, pupa y adulto (Michener, 2007). Además se caracterizan por tener piezas bucales masticadoras y en algunos casos adaptado a lamer o succionar, como en el caso de las abejas (Fernández Gayubo y Pujade-Villar, 2015), dos pares de alas membranosas (donde el par posterior, ligeramente más pequeño, se articula al primero por uno o más ganchos pequeños llamados hamuli) y por presentar un mecanismo haplodiploide, en donde los huevos fertilizados (diploides) se convierten en hembras y aquellos no fertilizados (haploides) se convierten en machos (Nieves-Aldrey y Fontal-Cazalla, 1999; Michener, 2007).

El orden Hymenoptera aporta al desarrollo del ser humano con algunos beneficios como la polinización de plantas cultivadas, el control biológico por parte de los himenópteros parasitoides y la producción de productos comerciales, que son de suma importancia para el ser humano en el aspecto económico (Nieves-Aldrey y Fontal-Cazalla, 1999). Sin embargo, Fernández y Pujade-Villar (2015) consideran algunas especies de himenópteros como “perjudiciales” ya que pueden producir plagas forestales, especialmente los que se alimentan de plantas y algunos que barrenan la madera, aunque ratifican que la mayoría de las especies son beneficiosas.

2.5.2. Clasificación

En el orden Hymenoptera se diferencian dos subórdenes: Symphyta, caracterizada por no tener estrechamiento entre el tórax y el abdomen, y Apocrita, caracterizada por presentar un estrangulamiento más o menos acusado entre tórax y abdomen (Fernández y Pujade-Villar, 2015), lo que se conoce comúnmente como cintura de avispa, que en realidad está formada por la unión del primer segmento abdominal al tórax y una constricción aguda entre el primer y el segundo segmento abdominal, lo cual conduce a la necesidad de los términos mesosoma y metasoma para referirse a las partes del cuerpo inmediatamente antes y después de la cintura.

El suborden Symphyta incluye 14 familias (Delfín y Chay, 2006) y representa un poco más del 4 % de los himenópteros (Fernández y Pujade-Villar, 2015); tienen una

venación comparativamente completa. Las larvas de Symphyta son fitófagas, poseen forma de oruga (confundibles con las larvas de lepidóptera), tienen al menos cinco pares de propatas, sin ganchillos, un único ocelo (cuando está presente) y antenas, y pueden desplazarse sobre tallos y hojas. En algunos pocos grupos existen larvas sin ojos que pueden vivir en el interior de las plantas (Mason et al., 2006). Los Symphyta se subdividen en moscas de sierra, avispas de madera y los orúsidos. Las moscas de sierra generalmente tienen un ovipositor comprimido lateralmente con estrías a lo largo de la superficie ventral que están destinadas a serrar la vegetación para depositar huevos. El ovipositor de la avispa de madera se utiliza para penetrar en la madera y los miembros de orúsidos (Orussidae) son parasitoides externos de coleópteros perforadores de madera. La familia Orussidae representa la única familia de Symphyta con el hábito parasitoide y es considerado el grupo ancestral de este tipo de hábito (M. J. Sharkey, 2007).

El suborden Apocrita se divide en dos grandes grupos sin categoría taxonómica: Parasitica, que incluye cerca de 48 familias, agrupadas en 11 superfamilias que reúnen a las especies de himenópteros parasitoides y las especies formadoras de agallas, además de algunas fitófagas (M. J. Sharkey, 2007) y se caracterizan por presentar un órgano de puesta, el ovipositor, en forma de taladro (Fernández y Pujade-Villar, 2015); y Aculeata, que incluye 35 familias (Delfín y Chay, 2006) que se caracterizan por haber trasformado el ovipositor en una estructura de defensa, el aguijón (Fernández y Pujade-Villar, 2015). Los Apocritos poseen alas membranosas con venación casi completa pero con tendencia a desaparecer, especialmente en el ala posterior. Las larvas apocrinas son ápodas, es decir, carecen de patas, y presentan esclerotización reducida (M. J. Sharkey, 2007).

2.5.3. Estrategias Tróficas de los Hymenópteros

El orden Hymenoptera está representado en su mayoría por especies parasitoides (Fernández, 2006; Fernández y Sharkey, 2006; Fernández Gayubo y Pujade-Villar, 2015) aunque también existe un considerable grupo de depredadores y varias especies polinizadoras y fitófagas (himenópteros plaga), cada una consideradas por la importancia ecológica y económica que poseen.

2.5.3.1. Himenópteros Parasitoides

Los himenópteros parasitoides son considerados uno de los mejores bioindicadores, debido a que estos representan la biodiversidad de sus hospedadores a los cuales atacan,

también han sido utilizados en gran medida como controladores biológicos, demostrando un gran impacto sobre la biodiversidad de las poblaciones hospedadoras (Fernández y Sharkey, 2006).

Los parasitoides se caracterizan por que sus larvas se alimentan de un hospedador que termina muriendo, y generalmente atacan a todos los estados de sus hospedadores: huevos, larvas, ninfas, pupas y adultos, aunque el estado más frecuente es el larval (Fernández y Sharkey, 2006). Las hembras inyectan veneno a sus hospedadores para paralizarlos ya sea temporal (idiobiontes) o de forma permanente (koinobiontes o cenobiontes), luego depositan su o sus huevos dentro (endoparasitoides), a un lado o sobre el hospedador (ectoparasitoides; Coronado-Blanco y Zaldívar-Riverón, 2014). Los hospedadores de los koinobiontes, una vez que el huevo ha sido depositado, siguen creciendo y desarrollándose. Por otra parte, las larvas de parasitoides idiobiontes se alimentan de individuos cuyo crecimiento se interrumpe por completo como consecuencia de la parálisis permanente (Fernández Gayubo y Pujade-Villar, 2015).

La mayoría de insectos atacados por parasitoides son del orden Lepidoptera con cerca de 600 géneros hospederos, gracias a que tienen una tasa alta de productividad en comparación con otros órdenes, sus orugas tienen muy poca protección y son el recurso más abundante de insectos en el medio natural. El segundo grupo rico en hospederos es el mismo orden Hymenoptera (Symphyta), seguido de Coleoptera, Diptera y Hemiptera (Fernández y Sharkey, 2006; Sharkey, 2007). Ejemplos claros de himenópteros parasitoides son las superfamilias Ichneumonoidea y la superfamilia Chalcidoidea.

La superfamilia Ichneumonoidea son parasitoides de larvas y pupas de insectos holometábolos, principalmente. Se caracterizan por poseer las venas C y R de las alas anteriores fusionadas de tal modo que la celda costal está ausente, al menos apicalmente, y el ovipositor casi siempre está expuesto, con frecuencia largo (Sharkey y Wahl, 1992). El desarrollo larval consta de cinco estados y la larva es vermiforme y ápoda. Se reconocen dos familias: Braconidae e Ichneumonidae (Fernández y Sharkey, 2006).

La superfamilia Chalcidoidea comprende insectos coloridos, estructuralmente hermosos y de formas bizarras, con o sin alas, incluyendo los especímenes de himenópteros más pequeños conocidos (generalmente no más de 5 mm de longitud). Esta superfamilia incluye familias con hábitos fitófagos, depredadores y parasitoides, en este último se conoce que atacan hospederos de 14 órdenes de insectos, la mayoría son

idiobiontes que atacan los huevos, en estado larval/ninfal o pupal (Gibson y Huber, 2000).

2.5.3.2.Himenópteros Depredadores

El proceso de depredación de los himenópteros consiste en que las hembras capturan presas que son paralizadas y acumuladas en nidos al efecto, depositando un huevo sobre ellas. Estas presas permanecen inmóviles pero vivas, de esta manera proporcionan el alimento a las larvas para su desarrollo (Fernández Gayubo y Pujade-Villar, 2015).

Los himenópteros depredadores adultos por lo general no depredan para alimentarse a sí mismos, si no a sus larvas (hábito pedotrófico), lo que consiste en un régimen alimentario de naturaleza animal que los aculeados poseen como norma general (Fernández Gayubo y Pujade-Villar, 2015).

Una de las principales familias representadas en este grupo es la familia Vespidae, que se caracteriza por tener el pronoto extendido lateralmente hasta la tégula, presencia de espinas en el parámero de la genitalia masculina y colocación de huevos en celdas vacías. Presentan un comportamiento social parecido al comportamiento de las abejas como el control de la colonia mediante feromonas. Los véspidos son insectos de entre 5,5 y 25,0 mm de longitud con diversas coloraciones que van desde completamente amarillo hasta negro o azul oscuro. Los himenópteros adultos de Vespidae usan como fuente de alimento el néctar, que pueden almacenar en celdas de nido o también recurren a sustancias almibaradas o toman pedazos de animales muertos; en ocasiones éstos solo entregan a sus crías el líquido extraído de la presa. Los Eumeninae paralizan y maceran suavemente las presas sin romper el exoesqueleto, mientras que Polistinae las cortan y mastican hasta formar una bola. Como sistema defensivo además del aguijón, los nidos presentan complejos tipos de defensa como la fijación del nido al sustrato mediante delgados pedicelos que pueden estar barnizados con una sustancia repelente contra las hormigas (Sarmiento, 1999; Carpenter, 2001).

2.5.3.3.Himenópteros Polinizadores

Los polinizadores desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas terrestres y representan un servicio ecosistémico clave para el mantenimiento de las plantas silvestres y la productividad agrícola (Ashman et al., 2004; Aguilar et al., 2006; Potts et

al., 2010), ya que éstos intervienen en la reproducción de más del 50 % de las plantas superiores al actuar como vectores de polen (Reyes-Novelo et al., 2009). Los polinizadores también son considerados indicadores esenciales para evaluar el proceso de recuperación de áreas perturbadas, por lo que la conservación de muchos hábitats y de la diversidad genética depende de la preservación de éstas poblaciones (Michener, 2007 y Reyes-Novelo et al., 2009).

Los himenópteros polinizadores poseen piezas bucales adaptadas para alimentarse con líquidos, especialmente néctar, que es la principal fuente de carbohidratos en su dieta y que también aporta aminoácidos que contribuyen con el metabolismo del nitrógeno (Michener, 2007). El néctar lo pueden beber gracias a la lengua (glosa del labio modificada) que se introduce en el líquido. Cuando la glosa está revestida con néctar, se guarda dentro de la gálea de la maxila (vainas que rodean el líquido y la lengua). Se ejerce una presión negativa desde la bomba cibarial, produciendo entonces el vacío necesario para succionar el néctar dentro de la boca (Fernández y Sharkey, 2006). Los adultos consumen néctar como fuente de energía y lo mezclan con polen para formar alimentos larvarios. Las hembras preparan una provisión de polen o polen y néctar sobre la que depositan los huevos, la larva al emerger se alimenta de la provisión y puede continuar con su desarrollo hasta pupa (Michener, 2007).

En este aspecto, una de las familias más diversas y que desempeñan un papel ecológico importante como polinizadores, es la familia Apidae. Éstas se caracterizan por tener una lengua larga, labro con ángulos basolaterales poco desarrollados, articulación con el clípeo más delgado que ancho, labro generalmente más ancho que largo, excepto en formas parásitas, y alas anteriores con dos o tres celdas submarginales; cuando hay escopa (órgano utilizado para recolectar y transportar el polen hacia su colmena) está en las patas posteriores, especialmente en la tibia y generalmente ausentes en los esternos metasomales (Fernández y Sharkey, 2006).

La familia Apidae posee una gran variedad de hábitos de vida y de comportamiento, por tanto contienen especies tanto solitarias como altamente sociales. Apidae se puede dividir en dos grandes grupos informales: Apidae corbiculados a los que pertenecen las tribus: Euglossini, Bombini, Meliponini y Apini, que se caracterizan por tener una reina con cientos o miles de obreras y algunos machos, con nidos cubiertos, expuestos o semiexpuestos, ubicados en el piso o en cualquier cavidad, ya sea natural o artificial que se encuentre disponible; y Apidae no corbiculados, que son abejas solitarias, con nidos simples como una solo celda o un túnel que comunica con

diferentes galerías laterales, que pueden ser agujeros hechos en troncos, pisos o muros (Fernández y Sharkey, 2006).

Este grupo deriva su importancia económica de dos actividades principales: recolección de recursos y polinización (Fernández y Sharkey, 2006). El primero se trata de la miel, el polen, la cera y la jalea real, producidos principalmente por *Apis mellifera*, pero también por las abejas sin aguijón (Meliponini) que generan rentabilidad a los productores. En el caso de la polinización, es una actividad que la realizan todas las abejas solitarias o sociales, domésticas o silvestres, lo que contribuye al mantenimiento de la diversidad y a la producción de frutos y semillas (Nates-Parra, 2009).

2.5.3.4. Himenópteros Plaga (Fitófagos)

En el orden Hymenoptera también se pueden encontrar especies plaga, en muchos casos plagas forestales (Fernández Gayubo y Pujade-Villar, 2015). Las hembras realizan la puesta de los huevos exofítica (exterior de la planta) o endofíticamente (interior de la planta), pudiendo incluso producir agallas, y las larvas se alimentan de tejido vegetal (sínfitos, excepto la familia Orussidae). Al depositar los huevos en las plantas hospedadoras, las larvas emergen y se alimentan de las hojas que mastican o minan; en ciertos casos, son gallícolas (especies del género *Pontania)* siendo común la producción de agallas en las hojas de sauces (larvas de Tentrenídidos), y en ocasiones forman agregaciones (larvas de Dipriónidos) lo que puede causar daños importantes en bosques de coníferas (Fernández Gayubo y Pujade-Villar, 2015).

En este grupo se destaca la familia Formicidae, la cual presenta hábitos alimenticios muy especializados y una estrecha relación con especies vegetales, principalmente con las familias *Caesalpinaceae, Fabaceae, Melastomataceae, Cecropiaceae* y *Rubiaceae* (Mamani-Mamani et al., 2012). Son un grupo altamente social donde las colonias comprenden una reina fértil, obreras infértiles, huevos, larvas, pupas y machos en épocas determinadas. Presentan antenas con un segmento basal (escapo) largo que forma un ángulo con el pedicelo y el flagelo con 4 a 12 segmentos en hembras y 9 a 13 en machos, poseen ocelos en hembras y machos y en algunas obreras, alas presentes en las hembras reproductoras y en todos los machos, con cero a dos celdas presentes, ala posterior generalmente sin lóbulos (Fernández y Sharkey, 2006).

Las hormigas abundan en los sistemas biológicos tropicales y brindan diferentes beneficios, así como conflictos con los intereses humanos (Fernández y Sharkey, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

La Reserva Biológica Tapichalaca (Fig. 1) se localiza en la provincia de Zamora Chinchipe. Limita con el extremo sur del Parque Nacional Podocarpus, un poco más al norte de Valladolid, en la vía que une Loja, Zumba y la frontera con Perú. La reserva se expandió a 3500 ha. hacia 2010, cubriendo un rango altitudinal de 1800-3400 msnm. La mayor parte de la reserva cubre bosques nublados de montaña, muy húmedos y fríos, entre 2200-2900 m de altitud. En esta región pueden caer hasta 5 metros de lluvia por año (comparando con los clásicos 2 metros de los bosques amazónicos de tierras bajas en Ecuador, aunque considerablemente menos que en otras áreas de los Andes). La temperatura normalmente varía entre 10-20 °C; no ocurren heladas, pero puede sentirse mucha humedad y frío. La topografía es muy inclinada y proclive a los deslizamientos de tierra debido a la abundancia de lluvias (JOCOTOCO, 2018).

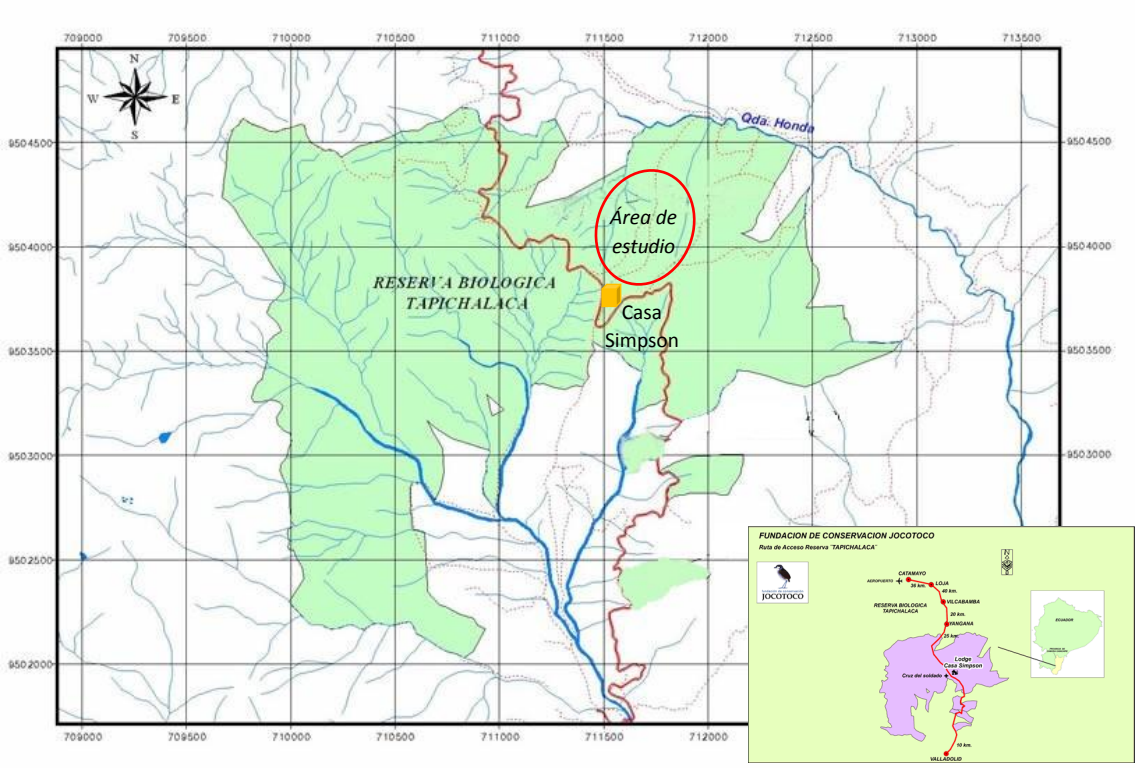


Figura 1. Ubicación del Área de Estudio
Fuente: World Land Trust. Tapichalaca Reserve Map. Disponible en: http://www.worldlandtrust.org/eco-services/project-areas/tapichalaca. & Jocotours Ecuador. Mapa Tapichalaca. (2015). Disponible en: http://jocotoursecuador.com/mapa_tapichalaca/.

3.2 Fase de campo

Mediante salidas de campo y apoyo técnico de los guarda parques de la reserva, se identificaron tres zonas de conservación: una zona conservada que se encuentra a una altitud de 2574 msnm, en donde la vegetación está compuesta por un bosque denso, los árboles llegan a una altura de 10 a 15 m aproximadamente, su dosel es exuberante y hay escasa penetración de luz solar, el sotobosque es abundante y se observa una gran cantidad de plantas epífitas; una zona en proceso de restauración que se encuentra a una altitud de 2523 msnm, representada por un bosque secundario en regeneración cuya altura llega hasta los 10 m aproximadamente, su dosel es medianamente abierto y presenta un sotobosque moderado con algunas plantas sobresalientes; y finalmente una zona visiblemente degradada a una altitud de 2622 msnm, la cual está representada principalmente por plantas pertenecientes a las familia Poaceae, las mismas que no sobrepasan los dos metros de altura y facilitan el paso de la luz solar (Fig. 2).

Se trabajó con trampas de intercepción tipo Malaise que son una especie de tienda con un panel vertical, provisto de dos paredes laterales y cubierto por un tejadillo, con un recipiente recolector con alcohol (Cultid et al., 2007). Éstas constituyen uno de los métodos de captura pasiva de himenópteros más utilizados en estudios de biodiversidad (Reyes-Novelo et al., 2009; Fernandez y Zambrano, 2011; Barbieri y Dias, 2012; Fernández Gayubo y Pujade-Villar, 2015; Mazón et al., 2017)

Para el muestreo se colocaron tres trampas, una en cada una de las zonas de conservación identificadas (cuadro 1) y se utilizó etanol al 70 % como preservante de los insectos. El período de muestreo se realizó por seis semanas consecutivas, desde el 16 de marzo hasta el 27 de abril del 2018, con recambio de los frascos cada dos semanas, obteniendo un total de nueve muestras durante la fase de campo.

Cuadro 1. Ubicación de los puntos de muestreo en cada zona de conservación

Zonas de Conservación	Coordenada X	Coordenada Y
Conservada	0707916	9503541
Restaurada	0707484	9503129
Degradada	0707931	9503435

(a) **(b)** **(c)**

Figura 2. Trampas de intercepción tipo Malaise colocadas en cada zona de conservación: (a) zona conservada, (b) zona restaurada y (c) zona degradada

3.3 Fase de Laboratorio

Se trabajó en el laboratorio de Entomología de la FARNR de la UNL, en donde se procedió a la separación y montaje de los insectos capturados del orden Hymenoptera. La identificación a nivel de superfamilia y familia, fue posible con una lupa estereoscópica y las claves de identificación de Fernández y Sharkey (2006). El material obtenido en el estudio pertenece a la colección de entomología del Laboratorio de Sanidad Vegetal de la UNL y reposa en el laboratorio entomológico.

3.4 Metodología para cuantificar la diversidad de las comunidades de himenópteros en función del nivel de conservación (restauración, conservación y degradación) de la reserva.

Una vez identificadas las muestras se procedió a cuantificar cada superfamilia y familia de himenópteros, estos datos se organizaron en matrices, con lo que se obtuvo el total de familias encontradas y la riqueza y abundancia de familias en cada zona de conservación (anexo 1, 2, 3).

Se analizó también la estrategia trófica (Fernández y Sharkey, 2006; Gómez Lutz y Godoy, 2010; Smith y Fernández, 2015) de cada familia identificada, ubicando a cada una de ellas, según su régimen alimentario.

Para calcular la diversidad de himenópteros se utilizó los índices de Shannon-Wiener (H) y Simpson (D) tomando en cuenta que los mayores valores de diversidad están asociados a altos valores de H y D. Se utilizó el programa Species Diversity & Richness versión 3.02 (PISCES Conservation Ltd), el cual realiza una prueba de aleatorización usando 10000 particiones aleatorias simulando dos resultados: una prueba a dos caras y una prueba unilateral, con margen de error del 5 % (Solow, 2014).

De esta forma, el programa permite comparar los valores de diversidad por pares de muestras.

Con base en los datos de rango/abundancia (Magurran, 2004) de las especies obtenidas en cada zona de conservación, se analizaron los modelos de distribución de abundancia de especies que mejor se ajusten a los datos utilizando el programa Species Diversity & Richness versión 3.02 (PISCES Conservation Ltd). Los modelos de distribución de abundancias son considerados una herramienta eficaz para describir la estructura de una comunidad, comparar comunidades y como indicadores de perturbación (Uribe y Orrego, 2001; Aguirre Calderón et al., 2008).

La eficiencia del muestreo fue corroborada a través de la estimación de la riqueza de familias por zona de conservación. Para esto se utilizaron tres estimadores no paramétricos: estimador de Cobertura basado en la Incidencia (ICE), Chao 2 y el estimador de tipo Jackknife de primer orden (Jack 1) (González-Oreja et al., 2010). Estos estimadores utilizan datos de presencia-ausencia enfocándose en las especies poco abundantes o raras, es decir aquellas que se presentan una sola vez en una o dos muestras, por lo que presentan un menor sesgo (López-Gómez y Williams-Linera, 2006). Mediante el programa EstimateSWin 820 (Colwell, 2016) se estimó la riqueza de familias en cada zona de conservación y en base a la riqueza de familias encontradas en el muestreo se obtuvo el porcentaje de eficiencia del mismo.

3.5 Metodología para analizar la relación entre la diversidad de las comunidades de himenópteros y los niveles de conservación de la reserva Tapichalaca

Para determinar la relación que existe entre la diversidad de himenópteros y las zonas de conservación se trabajó en el programa Statistica 10.

Mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, que permite comparar dos poblaciones cuya distribución no es normal y que utiliza dos hipótesis: *hipótesis nula* H0 e *hipótesis alternativa* H1 (McDonald, 2008), se determinó si existe o no diferencias significativas de la riqueza y abundancia de familias encontradas en las tres zonas de conservación de la reserva. Las hipótesis planteadas en el análisis fueron:

- **H0:** no hay relación entre la diversidad de himenópteros y las zonas de conservación de la reserva.
- **H1:** existe relación entre la diversidad de himenópteros y las zonas de conservación de la reserva.

Para representar la distribución de los datos obtenidos se utilizó la gráfica de caja por grupos (Boxplot), la misma que permite observar de mejor manera la concentración de los datos. El Boxplot está compuesto por: caja (media ± error estándar); la media es el punto central de la caja; y el bigote es la desviación estándar y son las líneas que sobresalen de la caja (Dean y Illowsky, 2009; Palladino, 2011).

También se realizó un análisis de conglomerados para conocer la similitud/disimilitud entre las unidades de muestreo, es decir entre las zonas de conservación. El análisis agrupa variables tratando de lograr la mayor homogeneidad de datos en cada grupo y resaltando la mayor diferencia entre los grupos (De la Fuente, 2011). Los conglomerados se realizaron con los valores de diversidad beta (que mide el recambio de especies entre pares de muestras, en este caso entre pares de zonas de conservación) obtenidos mediante el índice de Jaccard.

3.6 Metodología para evaluar las familias indicadoras para el monitoreo de restauración ecológica en la reserva Tapichalaca.

Para evaluar las potenciales familias indicadoras de restauración, se eligieron aquellas que presentaban una abundancia de individuos mayores a 50, a las cuales se aplicó una prueba no paramétrica Kruskal-Wallis entre las familias elegidas y las zonas de conservación evaluadas con el programa Statistica 10. Así mismo, se utilizó el diagrama Boxplot para la representación gráfica de los datos.

Además de la sensibilidad de las variables a los niveles de conservación, en la interpretación de los datos se tomaron en cuenta características cualitativas que definen la idoneidad de un indicador. De los criterios de evaluación propuestos por Villarreal et al. (2006), se seleccionaron los cinco que mejor se ajustaban al propósito del monitoreo: taxonomía bien conocida y estable, historia natural bien conocida, poblaciones abundantes y de fácil observación y manipulación, taxones con especificidad de hábitat y sensibles a cambios y presentar poca estacionalidad.

4. RESULTADOS

4.1 DIVERSIDAD DE LAS COMUNIDADES DE HIMENÓPTEROS EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONSERVACIÓN: CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y DEGRADACIÓN

Se obtuvieron 1152 individuos del orden Hymenoptera, 245 en la zona conservada, 348 en la zona en proceso de restauración y 559 en la zona degradada, los cuales pertenecen a un total de 12 superfamilias y 26 familias. En función de la zona, se encontraron 13 familias en la conservada, 22 en la restaurada y 18 familias en la zona degradada. Los especímenes capturados en su mayoría están representados por las familia Ichneumonidae con 829 individuos y Braconidae con 125 individuos, aunque también se encontraron grupos de especímenes representados por un solo individuo en toda la zona de estudio, como las pertenecientes a las familias Halictidae y Apidae encontradas en las zonas restaurada y degradada respectivamente, las familias Sapygidae y Pteromalidae encontradas solo en la zona restaurada y la familia Mymaridae encontrada en la zona conservada. Así también, se destaca la familia Liopteridae, un grupo representado por diez individuos, presente solo en la zona restaurada (cuadro 2, anexo 5).

El análisis de la distribución de especies dio como resultado que los datos de la zona restaurada se ajusten a dos modelos de distribución: la serie logarítmica y la serie normal logarítmica (log normal) con $p = 0,05$ y $p = 0,44$ respectivamente; los datos de la zona conservada se ajustan a la serie normal logarítmica con $p = 0,38$; mientras que los datos de la zona degradada no se ajustan a ningún modelo de distribución $p < 0,05$.

Cuadro 2. Número de individuos correspondientes a las superfamilias y familias identificadas en las tres zonas de conservación de la Reserva Biológica Tapichalaca. Grupo trófico al que pertenecen: polinizadores (POL), parasitoides (PAR), depredadores (DEP), fitófagos (FIT).

SUPERFAMILIA	FAMILIA	Grupo Trófico	Zona Conservada	Zona Restaurada	Zona Degradada	TOTAL
Apoidea	Halictidae	POL	0	1	0	**1**
	Apidae	POL	0	0	1	**1**
Ichneumonoidea	Ichneumonidae	PAR	195	233	401	**829**
	Braconidae	PAR	27	28	70	**125**
Vespoidea	Tiphiidae	DEP	0	10	3	**13**
	Vespidae	DEP	0	12	5	**17**
	Pompilidae	DEP	1	5	1	**7**

	Sapygidae	DEP	0	1	0	**1**
	Formicidae	DEP	0	2	3	**5**
Evanoidea	Evaniidae	PAR	1	13	7	**21**
Proctotrupoidea	Diapriidae	PAR	6	16	36	**58**
	Proctotrupidae	PAR	1	1	2	**4**
Tenthredinoidea	Tenthredinidae	FIT	0	2	4	**6**
	Pergidae	FIT	1	2	0	**3**
Cynipoidea	Figitidae	PAR	0	1	5	**6**
	Liopteridae	PAR	0	10	0	**10**
Chrysidoidea	Dryinidae	PAR	2	1	4	**7**
	Bethylidae	PAR	0	1	6	**7**
Orussoidea	Orussidae	FIT	2	4	0	**6**
Platygastroidea	Scelionidae	PAR	5	1	4	**10**
	Platygastridae	PAR	0	2	4	**6**
Chalcidoidea	Pteromalidae	PAR	0	1	0	**1**
	Eupelmidae	PAR	1	1	0	**2**
	Eulophidae	PAR	1	0	2	**3**
	Mymaridae	PAR	0	0	1	**1**
Xyphydrioidea	Xiphydriidae	FIT	2	0	0	**2**
Total: 12 superfamilias	**26 familias**		**245**	**348**	**559**	**1152**

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las comunidades analizadas (grupos funcionales) se obtuvieron cuatro grupos tróficos: Polinizadores (POL), Parasitoides (PAR), Depredadores (DEP) y Fitófagos (FIT). Los himenópteros identificados en las tres zonas están representados en su mayoría por parasitoides (15 familias) y unos pocos por depredadores, fitófagos y polinizadores (Fig. 3). La diversidad de los individuos se presenta en el cuadro 3.

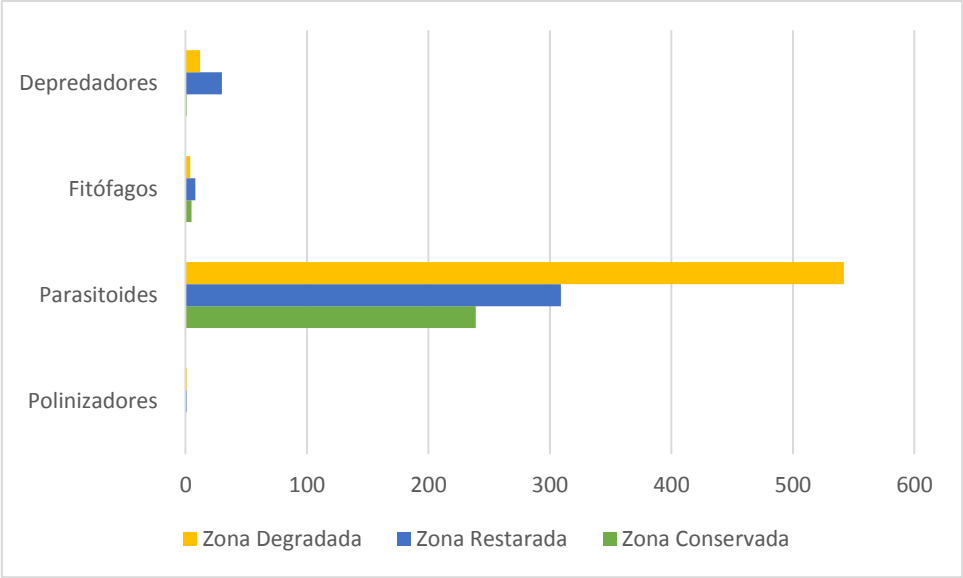


Figura 3. Abundancia de cada grupo funcional de las familias de himenópteros encontradas en cada nivel de conservación de la Reserva Biológica Tapichalaca

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. Diversidad de las comunidades de himenópteros en las zonas de conservación de la reserva. En negrita, los valores de diversidad más altos calculados por los índices H y D.

Zonas de Conservación	Riqueza de familias	Abundancia	No. individuos / Día	Índice de Shannon Wiener (H)	Índice de Simpson (D)
Conservada	13	245	5,4	0,848	1,549
Restaurada	22	348	7,7	**1,438**	**2,173**
Degradada	18	559	12,4	1,135	1,872
TOTAL	26	1152	26,2		

Los índices de Shannon-Wiener y Simpson manifiestan que la mayor diversidad se encuentra en la zona en proceso de restauración (H = 1,43 y D = 2,17), seguido de la zona degradada para ambos índices (H = 1,13 y D = 1,87) y finalmente la zona conservada es la que menos diversidad posee (H = 0,8 y D = 1,5).

Según los estimadores de riqueza, en la zona conservada se obtuvo una riqueza muestreada de 13 familias y una riqueza estimada de 18 a 28 familias, lo que representa el esfuerzo de muestreo según los estimadores de: ICE 45 %, Chao2 67 % y Jack1 70 %. La zona restaurada por otra parte obtuvo una riqueza muestreada de 22 familias y una riqueza estimada de 30 a 40 familias, el esfuerzo de muestreo fue: ICE 54 %, Chao2

71 % y Jack 1 73 %. La zona degradada presentó una riqueza muestreada de 18 familias y una estimada de 18 a 21 familias, representando un porcentaje de: ICE 83 %, Chao2 95 % y Jack 1 84 %.

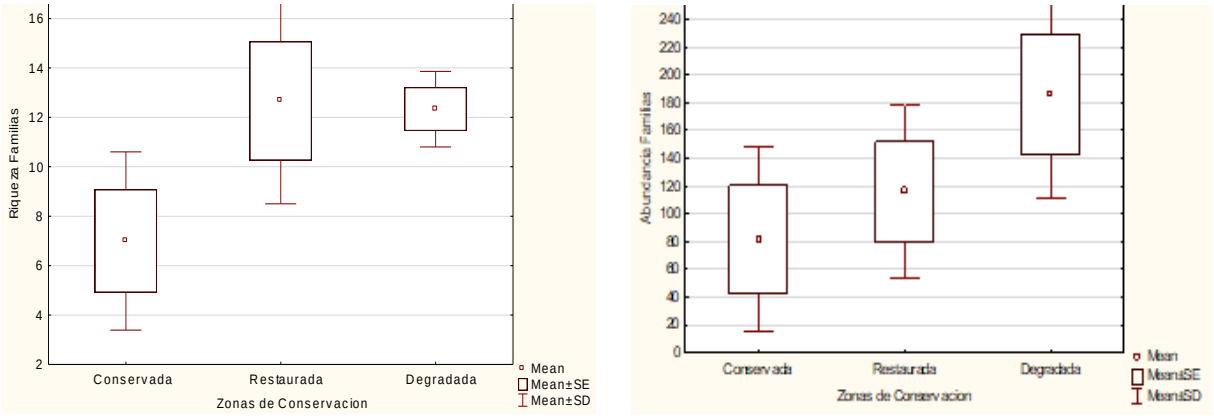
4.2 RELACIÓN ENTRE LA DIVERSIDAD DE LAS COMUNIDADES DE HIMENÓPTEROS Y LOS NIVELES DE CONSERVACIÓN DE LA RESERVA

No existen diferencias significativas entre las zonas de conservación y la riqueza y abundancia de familias (cuadro 4), aunque se puede observar diferencias entre las zonas de conservación para ambas variables analizadas (riqueza y abundancia).

La Fig. 4 presenta la riqueza de familias entre las tres zonas de conservación analizadas. La zona restaurada es la que presentó mayor riqueza de familias, mientras que la abundancia de individuos está en mayor proporción en la zona degradada, y finalmente la zona conservada registra menor riqueza y abundancia de familias.

Cuadro 4. Valores del test Kruskal-Wallis para la riqueza y abundancia de las familias de himenópteros encontradas en la reserva.

Variable	H (2, N = 9)	P (valor)
Riqueza de familias	3,819	0,1481
Abundancia de familias	2,755	0,2521



(a) **(b)**

Figura 4. Diagrama boxplot para la riqueza (a) y abundancia (b) de familias en las tres zonas de conservación de la reserva.

El análisis Cluster mostró que las zonas restaurada y degradada presentan una composición de familias similares, mientras que entre las zonas conservada y degradada la comunidad es algo diferente (Fig. 5).

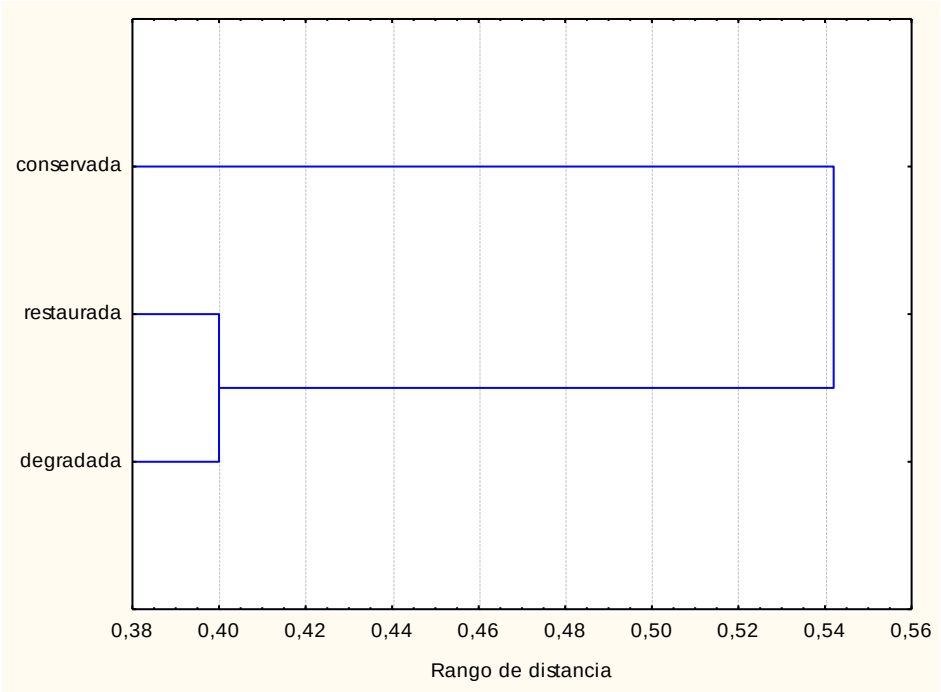


Figura 5. Árbol de similitud de las comunidades de familias entre las zonas de conservación de la Reserva

4.3 POTENCIALES FAMILIAS INDICADORAS PARA EL MONITOREO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA RESERVA TAPICHALACA.

Las familias encontradas con más de 50 individuos fueron: Ichneumonidae, Braconidae y Diapriidae (cuadro 5). El análisis estadístico no mostró diferencias significativas para dichas familias; sin embargo, para las familias Braconidae y Diapriidae se puede decir que existe un valor casi significativo (cuadro 6).

Cuadro 5. Abundancia de potenciales familias indicadoras por zonas de conservación.

Zonas de Conservación	S fam Ichneumonidae	S fam Braconidae	S fam Diapriidae
Conservada	195	27	6
Restaurada	233	28	16
Degradada	401	70	36
TOTAL	**829**	**125**	**58**

Al analizar las familias por zona de conservación, se encontró que las abundancias de las mismas no se ven influenciadas estadísticamente por el nivel de conservación en la reserva, aunque en la zona degradada se presentan valores próximos al valor de significancia para la familia Diapriidae (cuadro 7).

Cuadro 6. Valores del test Kruskal-Wallis y niveles de significancia (p-valores) para la abundancia de las potenciales familias indicadoras en función del nivel de conservación. En negrita se indican los valores no significativos.

Variable	Familias	H	P (valor)
Abundancia	Ichneumonidae	1,688	0,4298
	Braconidae	5,609	**0,0605**
	Diapriidae	5,032	**0,0808**

Cuadro 7. P-valores para la abundancia de las potenciales familias indicadoras en función del nivel de conservación: a) familia Ichneumonidae, b) familia Braconidae y c) familia Diapriidae. En negrita se indican los valores no significativos.

Familia Ichneumonidae	**Zonas de Conservación**		
	Conservada	Restaurada	Degradada
Conservada		1,000000	0,699113947
Restaurada	1,000000		0,890152579
Degradada	0,699113947	0,890152579	

a)

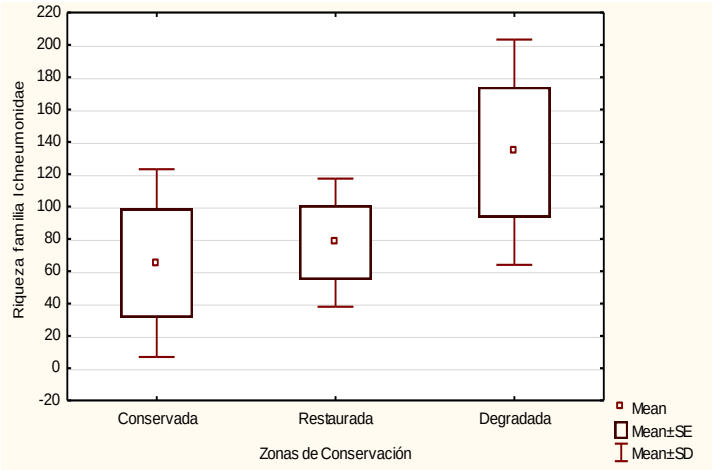
Familia Braconidae	**Zonas de Conservación**		
	Conservada	Restaurada	Degradada
Conservada		1,000000	0,110665277
Restaurada	1,000000		0,157896908
Degradada	0,110665277	0,157896908	

b)

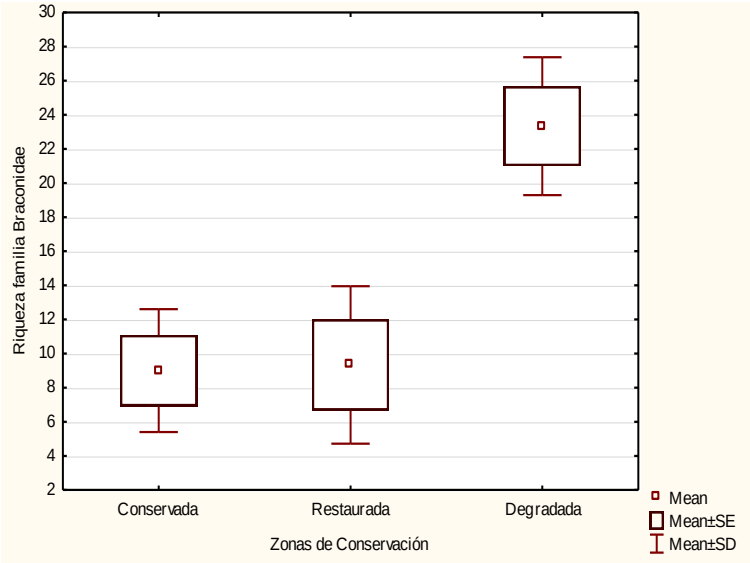
Familia Diapriidae	**Zonas de Conservación**		
	Conservada	Restaurada	Degradada
Conservada		1,000000	**0,0919627159**
Restaurada	1,000000		0,470171604
Degradada	**0,0919627159**	0,470171604	

c)

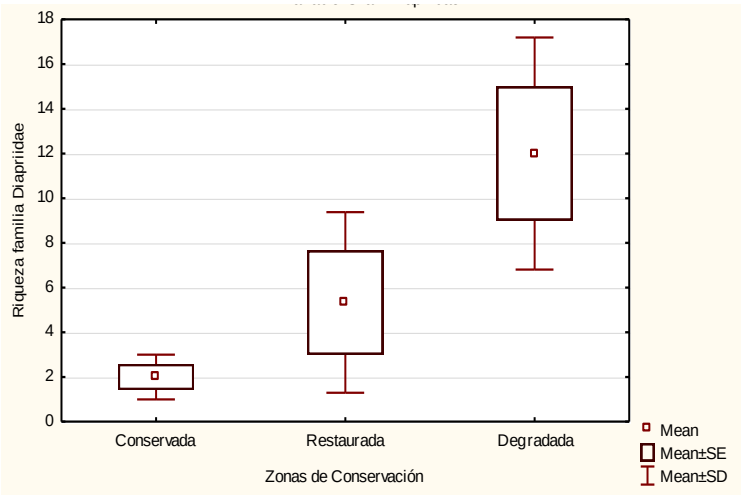
La Fig. 6 muestra la abundancia de cada familia para cada zona de conservación. Ichneumonidae es la familia con más individuos en las tres zonas, mientras que los Braconidae y Diapriidae se encontraron en mayor proporción en la zona degradada.



a



b



c

Figura 6. Diagrama Boxplot para la abundancia de individuos por familia en función del nivel de conservación: Ichneumonidae (a), Braconidae (b), Diapriidae (c).

5. DISCUSIÓN

Dentro del estudio se obtuvieron 1152 insectos del orden Hymenoptera, identificando 26 familias en total. Aunque para Ecuador no hay todavía inventarios de este orden, las familias en este estudio constituyen el 29,5 % de las familias identificadas para el Neotrópico (Fernández, 2006 y Nieves-Aldrey et al., 2006). En cuanto al régimen trófico, la mayoría de las familias presentaron estrategia parasitoide, seguido de algunas familias depredadoras, fitófagas y polinizadoras. El orden Hymenoptera está representado en su mayor parte por especies parasitoides (Fernández, 2006), por lo tanto este resultado representa la dominancia taxonómica del grupo en el sitio evaluado, además evidencia la diversidad de artrópodos y demás grupos hospederos (ordenes de lepidóptera, principalmente) que existe en la reserva. Los himenópteros parasitoides son considerados el grupo más importante de enemigos naturales y han sido utilizados exitosamente como controladores biológicos de insectos plaga (Fernández y Sharkey, 2006; Naranjo y Sáenz, 2011; Rodríguez-Mota et al., 2015). Debido a su especificidad para parasitar a otros artrópodos, adaptación al ambiente, ciclo de vida corto y alta capacidad de búsqueda de hospederos, estas especies son abundantes en distintas zonas y pueden colonizar la mayoría de los ambientes terrestres (Fernández y Sharkey, 2006; Naranjo y Sáenz, 2011). Sin embargo, cabe mencionar también que los resultados encontrados en cuanto a las comunidades polinizadoras no estuvieron acorde a lo esperado, puesto que estas familias no se encontraron presentes en los sitios muestreados, a este evento se le atribuyen dos razones: la primera, los himenópteros polinizadores no consideran a la reserva como un hábitat adecuado para su reproducción, debido a las formaciones naturales de bosque que ésta presenta, es decir el bosque de neblina y páramo, los cuales representan altos porcentajes de humedad (Valencia et al., 1999) mismo que se considera una limitante para la anidación de las abejas (Michener, 2007 y Reyes-Novelo et al., 2009); y la segunda, que el esfuerzo de muestreo realizado en este estudio fue realmente bajo como para conocer la diversidad de comunidades polinizadoras en la reserva.

En cuanto a los índices de diversidad, Shannon-Wiener y Simpson son los índices más utilizados para medir la diversidad biológica de un ecosistema (Moreno, 2001; Magurran, 2004; Aguirre Mendoza, 2013). Estos índices es que resumen valiosa

información en un solo valor y permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats (Moreno, 2001).

El índice de Simpson mide el grado de dominancia de unas cuantas especies, por lo que su inverso (utilizado en este trabajo) representa la mayor equidad y diversidad de especies en una comunidad. Shannon-Wiener, por otra parte, mide la equidad y su relación con la riqueza de especies (Moreno, 2001).

Utilizando estos índices se determinó que la zona en proceso de restauración es la que posee mayor diversidad de familias de himenópteros (H = 1,43 y D = 2,17), aunque no existió una diferencia significativa de diversidad entre las tres zonas evaluadas (ver cuadro 3). Esta zona pertenece a un área de vegetación secundaria con ejemplares como laurel, sangre de drago, matico y cinchona, entre otras (Astudillo y Mendoza, 2010). La aparente mayor diversidad encontrada en esta área se atribuye a que los himenópteros (especialmente parasitoides) tienden a adaptarse de mejor manera a sitios en donde la perturbación es baja o moderada, ya que estas zonas poseen una mayor heterogeneidad ambiental, que se da por la dominancia de los bosques jóvenes (en recuperación) combinada con la vegetación herbácea y arbustiva del lugar (Fraser et al., 2007; (Leirana-Alcocer et al., 2009; González-Moreno et al., 2017), lo cual origina una mayor diversidad de artrópodos e incrementa la tasa de hospedadores disponibles para los parasitoides. También se debe mencionar que los datos obtenidos en esta zona se ajustaron a dos modelos de distribución: log normal, asociada a una gran riqueza de familias, y serie logarítmica, asociada a una alta dominancia de unas pocas familias (en este caso la familia Ichneumonidae dominó claramente la comunidad, con 233 individuos), y un cierto nivel de perturbación (Uribe y Orrego, 2001; Aguirre et al., 2008).

Sin embargo, aunque esta zona presentó la mayor riqueza de familias de himenópteros, los estimadores consideraron una eficiencia de muestreo relativamente baja (66 % en promedio de los distintos estimadores utilizados), tomando en cuenta que Jack1 (considerado el estimador más exacto y con menor sesgo en el análisis de riqueza de especies según López-Gómez y Williams-Linera, 2006 y González-Oreja et al., 2010) estimó el porcentaje más alto de eficiencia de muestreo (73 %) en comparación con los dos restantes.

En cuanto a la zona conservada de la reserva no se obtuvo valores altos de riqueza y abundancia de himenópteros. Sin embargo, los datos obtenidos se ajustaron a un modelo de distribución tipo log normal, lo cual representa una mayor uniformidad y menor

dominancia de familias y además es propia de comunidades en equilibrio y sin perturbaciones (Hill y Hamer, 1998; Uribe y Orrego, 2001; Magurran, 2004). Esta zona posee una vegetación heterogénea, en donde se concentra una alta diversidad de especies arbóreas entre las cuales destacan las familias Melastomataceae, Rubiaceae y Lauraceae propias de los bosques andinos, además existe una buena y abundante regeneración natural. Por otra parte, en esta zona se obtuvo una eficiencia de muestreo muy baja; considerando que el tiempo en que se realizó fue igual para las tres zonas y que las condiciones climáticas de la reserva facilitan la abundancia de los himenópteros (especialmente parasitoides), ya que la tasa de captura de los mismos es mayor en épocas de lluvia, en donde los recursos disponibles para hospedar es abundante (Martínez, 2008). La baja eficiencia sugiere que la diversidad en esta zona es mucho mayor de lo encontrado en este estudio y con un muestreo más prolongado se obtendrán resultados de mayor diversidad, acorde a lo esperado de una zona bien conservada. Castiglioni et al. (2017) manifiestan que a una mayor frecuencia de muestreo la eficiencia del muestreo aumenta en términos de representación de abundancia de familias en el lugar evaluado, lo cual resulta en un incremento de salidas de campo, recursos humanos y materiales que se deben considerar al momento de definir los objetivos y beneficios esperados de este tipo de estudios. La ubicación de la trampa y la orientación del recipiente recolector también son aspectos importantes que se deben considerar, puesto que la inadecuada ubicación de los mismos perjudica la eficiencia colectora de la trampa. Nieves-Aldrey y Rey del Castillo (1991) mencionan que las zonas de transición son consideradas idóneas para obtener altos índices de diversidad de insectos, además los recipientes recolectores deben estar en una zona abierta con mayor luminosidad para promover el flujo de los insectos hacia el frasco colector (Duran-Alarcón et al., 1998), por lo que la zona conservada al ser un área de exuberante vegetación dificulta la ubicación de la trampa y el ingreso de la luz para la captura de los himenópteros.

La zona degradada representa zonas abiertas de potrero con presencia de pastizales, ya que han sido utilizadas principalmente con fines pecuarios. En esta zona se obtuvo la mayor abundancia de individuos, especialmente de la familia Ichneumonidae (401 individuos), evidenciando cierta dominancia de la familia en ese nivel de conservación. Los datos de esta zona no se ajustaron a ningún modelo de distribución de rango/abundancias, debido a que esta zona presenta unas pocas familias muy abundantes frente a la mayoría de familias que presentan pocos individuos, lo cual es

propio de hábitats muy perturbados (Rodríguez-Berrío et al., 2008), por lo que se la considera como una comunidad no establecida o bien definida (Moreno, 2001 y Magurran, 2004) constituida por especies turistas, es decir, que se encuentran de paso entre los hábitats de mayor preferencia (Mazón y Bordera, 2014). Por otra parte, solo en esta zona se obtuvo una eficiencia de muestreo elevado, con un promedio del 87% entre los distintos estimadores, lo cual da una pauta para señalar que el muestreo realizado fue suficiente para conocer la diversidad de familias en esta zona.

En cuanto al análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas entre las variables analizadas (riqueza y abundancia de himenópteros) y los niveles de conservación de la reserva para el total del muestreo ($p > 0,05$), considerando entonces que no hay relación entre la diversidad de familias de himenópteros y los niveles de conservación, resultado que se lo atribuye a la deficiencia metodológica que fue mencionada anteriormente. La composición de las comunidades de familias entre las zonas restaurada y degradada presentó cierta similitud, es decir, la mayor coincidencia de familias estuvo entre estas dos zonas, por lo que se puede manifestar, que la zona en proceso de restauración se encuentra en fases tempranas de dicho proceso debido a que la composición de familias de himenópteros se parece más al punto de origen (la zona degradada) que al de llegada (la zona conservada). La zona conservada, por otra parte, se mostró ligeramente diferente en cuanto a la composición de familias, sin embargo se debe considerar que según el muestreo realizado en este estudio aún pueden existir familias que no han sido encontradas, por lo que las similitudes podrían cambiar en las tres zonas evaluadas con un muestreo más prolongado.

Para considerar las potenciales familias indicadoras se tomó en cuenta su abundancia, en donde se encontró que solo tres familias sobrepasaron los 50 individuos: las familias Ichneumonidae, Braconidae y Diapriidae, por lo que se consideraron cada una por separado en el análisis para determinar los potenciales indicadores de avance de restauración. Además de su abundancia representativa, estas familias también cumplen con los cinco criterios de evaluación de indicadores seleccionados (Villareal et al., 2006), esto es: taxonomía bien conocida y estable, historia natural bien conocida, poblaciones abundantes y de fácil observación y manipulación, taxones con especificidad de hábitat y sensibles a cambios, y tener poca estacionalidad.

Según el análisis realizado no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo las familias Braconidae y Diapriidae se aproximaron a un valor casi significativo, especialmente la familia Braconidae con un p-valor equivalente

a 0,06. Los Braconidae representan la segunda familia de mayor riqueza taxonómica del orden Hymenoptera, siendo parasitoides principalmente de larvas de otros insectos, especialmente herbívoros (Coronado-Blanco y Zaldívar-Riverón, 2014). Los Ichneumonidae y Braconidae son considerados los grupos más rentables y de mayor importancia en el control biológico de insectos plaga (Rodríguez-Mota et al., 2015), además pueden ser utilizados como indicadores del grado de conservación debido a su alta sensibilidad a las perturbaciones (Sharkey, 2007), bioindicadores de efectos de las actividades antropogénicas en un ecosistema y estimadores de la riqueza de especies encontradas en una región (Barbieri Junior y Dias, 2012). Aunque el valor estadístico de Braconidae fue casi significativo, el análisis post hoc realizado reveló que esta familia, al igual que la familia Ichneumonidae, no posee ninguna relación con los niveles de conservación evaluados, por lo que su consideración como potenciales indicadores queda pendiente para un mayor estudio, con mayores eficiencias de muestreo y en lo posible llegando a niveles taxonómicos más bajos. En cualquier caso, tanto Braconidae como Ichneumonidae son muy abundantes en la mayor parte de los ambientes terrestres, debido a la variedad de estrategias de parasitismo y plasticidad que poseen, y dependen mucho de la presencia de plantas con flores, y además varias especies no se ven afectadas por las perturbaciones humanas, ni por la complejidad de la estructura vegetal (Idris et al., 2001; Vollhardt et al., 2008 y Naranjo & Sáenz, 2011). Es por ello que estos grupos, a nivel de familia, pueden no ser buenos indicadores, aunque a niveles taxonómicos inferiores han mostrado mejores resultados (Mazón, 2016).

Por otra parte, el análisis post hoc para la familia Diapriidae mostró una abundancia casi significativa en la zona degradada respecto a las demás ($p = 0,09$), por lo que se la podría considerar como un potencial indicador de este tipo de áreas. Los Diapriidae son parasitoides de pupas de Diptera especialmente, aunque algunas especies parasitan también larvas de formícidos y coleópteros (Arias-Penna, 2003; Nicholls, 2008; Loiácono y Margaría, 2011). Según Arias-Penna (2003) & Quadros y Brandão (2017) a los Diapriidae se los puede encontrar tanto en hábitats húmedos y con sombra, como en hábitats secos y abiertos, y son más diversos en bosques de zonas frías y templadas especialmente los representantes de las subfamilias Belytinae y Ambositrinae (Loiácono y Margaría, 2011). Además, Arrieche et al. (2015) manifiestan que esta familia puede estar presente en ambientes intervenidos, ya que son capaces de adaptarse a las perturbaciones ocasionadas por actividades antrópicas, lo cual se comprueba en el presente estudio ya que la mayor abundancia de esta familia se encontró en la zona de la

reserva visiblemente degradada. Aunque esta familia ocasionalmente ha sido utilizada en programas de control biológico contra plagas de dípteros (Arias-Penna, 2003), no existe mayor información acerca de la importancia ecológica que poseen los mismos (Quadros y Brandão, 2017), por lo que se considera que dichas especies merecen una mayor investigación en este campo.

6. CONCLUSIONES

- Las distintas zonas analizadas dentro de la Reserva Biológica Tapichalaca mostraron que existe una amplia diversidad de familias de himenópteros, especialmente parasitoides, mostrando el amplio rango de huéspedes y la diversidad de artrópodos que pueden existir en la reserva.
- La zona que presentó la mayor diversidad de familias de himenópteros fue la zona en proceso de restauración, dado que se encuentra en un proceso de recuperación, con una comunidad adaptada tanto a una estructura vegetal compleja como a una estructura vegetal más simple.
- Aunque la zona conservada de la reserva no fue identificada como la más diversa en cuanto a familias de insectos himenópteros, se la pudo considerar como la zona con mayor uniformidad y menor dominancia de familias, propia de una comunidad en equilibrio y sin perturbaciones.
- En la zona visiblemente degradada se encontró una comunidad considerada estructuralmente no establecida o bien definida, puesto que en ella se encontró la mayor dominancia y a la vez rareza de familias.
- Estadísticamente no se encontró relación entre la diversidad de familias de himenópteros y los niveles de conservación analizados, representando por tanto la no dependencia de la diversidad de familias de himenópteros con las zonas estudiadas.
- Específicamente, las familias encontradas en mayor abundancia en las tres zonas evaluadas fueron: Ichneumonidae, Braconidae y Diapriidae, de estas sólo la familia Diapriidae presentó un valor casi significativo en relación con la zona degradada, por lo que se la puede considerar una familia potencialmente indicadora de este tipo de áreas.

7. RECOMENDACIONES

- Para estudios similares, se recomienda extender el periodo de muestreo y tomar en cuenta las características del clima en donde se va a realizar el estudio, para de esta manera obtener un mayor número de individuos capturados, esto facilitará los análisis estadísticos realizados posteriormente y permitirá obtener datos más acercados a la realidad.
- Se recomienda realizar la identificación taxonómica de himenópteros a niveles taxonómicos más bajos, centrándose en las especies o morfoespecies que estén más relacionadas con las zonas evaluadas, de esta manera se contribuye con información científica adecuada y sirve como soporte para posteriores o nuevas investigaciones.

8. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Garavito, M. &, & Ramírez, W. (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Aguilar, R., Ashworth, L., Galetto, L., & Aizen, M. A. (2006). Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*.

Aguirre Calderón, O., Corral-Rivas, J., Vargas Larreta, B., & Jimenéz Pérez, J. (2008). Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un bosque de niebla. *Fitotec. Mex*.

Aguirre Mendoza, Z. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja, Ingeniería Forestal.

Aguirre, N. (2011). Avances de la restauración en el Ecuador: estado actual y perspectivas. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Aguirre, N., & Torres, J. (2013). Monitoreo de las estrategias para la restauración ecológica del páramo degradado de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu. Quito: FONAG.

Aguirre, N., Torres, J. &, & Velasco-Linares, P. (2013). Guía para la Restauración Ecológica en los Páramos del Antisana. Quito.

Ambiente, M. del. (2018). Rendición de cuentas 2017. Morona Santiago.

Arias-Penna, T. M. (2003). Lista de los géneros y especies de la superfamilia Proctotrupoidea (Hymenoptera) de la región Neotropical. *Biota Colombiana*.

Aronson, J., Renison, D., Ovalle, C., & Del Pozo, A. (2007). Restauración del Capital Natural : sin reservas no hay bienes ni servicios. *Ecosistemas*.

Arrieche, N., Paz, R., & Nogales, M. (2015). Diversidad del grupo parasítica (hymenoptera: apócrita) asociada al cultivo de la piña (Ananas comosus L. Merr) en Usera, estado Lara, Venezuela. *Bioagro*.

Ashman, T.-L., Knight, T. M., Steets, J. A., Amarasekare, P., Burd, M., Campbell, D. R., … Wilson, W. G. (2004). Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. *Ecology*.

Barbieri Junior, C., & Dias, A. (2012). Braconidae (Hymenoptera) fauna in native, degraded and restoration areas of the Vale do Paraíba, São Paulo state, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*.

Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). Ecology. From individuals to Ecosystems. Oxford, UK: Blackwell Publishing.

Bovarnick, A., Alpizar, F. &, & Schnell, C. (2010). La importancia de la biodiversidad y de los ecosistemas para el crecimiento económico y la equidad en América Latina y el Caribe: una valoración económica de los ecosistemas. Programa de las Naciones Unidad para el Desarrollo.

Brown Jr., K. S. (2001). Insetos Indicadores da História, Composição, Diversidade e Integridade de Matas Ciliares Tropicais. In: R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho

(eds.). Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: Editora Edusp.

Bulte, E., Hector, A., & Larigauderie, A. (2005). EcoSERVICES: Assessing the Impacts of Biodiversity Changes on Ecosystem Functioning and Services. Paris: Diversitas.

Carpenter, J. M. (2001). Checklist of Species of the Subfamily Masarinae (Hymenoptera : Vespidae).

Castiglioni, E., Perioto, N., Lara, R. I. R., Burla, J. P., Arbulo, N., & Aldabe, J. (2017). Análisis de esfuerzo de muestreo de himenópteros parasitoides en tres ambientes del Este uruguayo. *Innotec*.

Chediack, S. E. (2009). Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué? *Conabio*. Mexico.

Colwell, R. K. (2016). EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples: User's Guide and application.

Coronado-Blanco, J. M., & Zaldívar-Riverón, A. (2014). Biodiversidad de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

Cultid, C., Cabra, J., Rengifo, L., & Ascuntar-Osnas, O. (2007). Artrópodos terrestres del campus Meléndez de la Universidad del Valle (Cali, Colombia): eficiencia de captura de tres métodos de muestreo y variación temporal en la abundancia relativa. *Museo de Entomología de La Universidad Del Valle*.

Daily, G. C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Mooney, H. A., Pejchar, L., & Shallenberger, R. (2009). Ecosystem services in decision making: Time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment*.

Dale, V. H., & Beyeler, S. C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*.

De Groot, R., Brander, L., Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., & Beukering, P. van. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*.

De la Fuente, S. (2011). Análisis de conglomerados (Clusters). *Universida Autónoma de Madrid*.

Dean, S., & Illowsky, B. (2009). Descriptive Statistics: Box Plot. *Search*.

Delfín González, H., & Chay Hernández, D. (2006). Riqueza de Hymenoptera. *Biodiversidad*.

Díaz-Martín, R. (2007). El monitoreo en la restauración ecológica en Vargas O. (ed.). 2007. Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino. Bogotá D.C.: Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Duque, S., & Et., A. (2010). Comparación espacial y temporal de la comunidad de aves en un hábitat perturbado del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, sector Pance. Santiago de Cali: PIKAIA - Grupo de estudio y trabajo de aves.

Duran-Alarcón, S., Carles-Tolrá, M., Blasco-Zumeta, J., & Pujade-Villar, J. (1998). Familias de Dipteros capturados con trampa Malaise en Andorra (Insecta: Diptera).

ZAPATERI Revta. Aragon. Ent.

Fernandez, D., & Zambrano, G. (2011). Abejas silvestres como estrategia de monitoreo de restauración ecológica en tres veredas del corregimiento La Gallera (Tambo, Cauca), zona de amortiguación del Parque nacional natural Munchique (PNNM). *Boletín Científico Museos de Historia Natural.*

Fernández, F. (2006). Sistemática de los himenópteros de la Región Neotropical: Estado del conocimiento y perspectivas. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical.

Fernández Gayubo, S., & Pujade-Villar, J. (2015). Orden Hymenoptera. *Sociedad Entomológica Aragonesa*.

Fraser, S. E. M., Dytham, C., & Mayhew, P. J. (2007). Determinants of parasitoid abundance and diversity in woodland habitats. *Journal of Applied Ecology*.

Gibson, A., & Huber, J. (2000). Review of the family Rotoitidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), with description of a new genus and species from Chile. Journal of Natural History.

Gómez Lutz, M., & Godoy, M. (2010). Diversidad y grupos funcionales de Formicidae (Insecta , Hymenoptera) de la reserva natural educativa Colonia Benítez (Provincia del Chaco , Argentina). *FABICIB*.

González-Moreno, A., Bordera, S., Leirana-Alcocer, J., Delfín-González, H., & Ballina-Gómez, H. S. (2017). Explaining variations in the diversity of parasitoid assemblages in a biosphere reserve of Mexico: evidence from vegetation, land management and seasonality. *Bulletin of Entomological Research*.

González-Oreja, J. A., de la Fuente-Díaz-Ordaz, A. A., Hernández-Santín, L., Buzo-Franco, D., & Bonache-Regidor, C. (2010). Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de puebla, méxico. *Animal Biodiversity and Conservation*.

Hill, J. K., & Hamer, K. C. (1998). Using species abundance models as indicators of habitat disturbance in tropical forests. *Journal of Applied Ecology*.

Hooper, D. U., Chapin, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., & Wardle, D. A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*.

Idris, A., Gonzaga, A., Zaneedarwaty, N., Hasnah, B., & Natasha, B. (2001). Does habitat disturbance has adverse effect on the diversity of parasitoid community? *OnLine Journal of Biological Sciences*.

Jiménez, M. (2009). Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático. Tesis de Maestria.

JOCOTOCO, F. (2018). Reserva Tapichalaca.

Jorquera-Jaramillo, C., Alonso, J. M., Aburto, J., Martínez-Tillería, K., León, M. F., Pérez, M. A., & Squeo, F. A. (2012). Conservación de la biodiversidad en Chile: Nuevos desafíos y oportunidades en ecosistemas terrestres y marinos costeros. *Revista Chilena de Historia Natural*.

Keenleyside, K., Dudley, N., Cairns, S., Hall, C., & Stolton, S. (2014). Restauración

Ecológica para Áreas Protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas.

Kremen, C. (1994). Biological Inventory Using Target Taxa: A Case Study of the Butterflies of Madagascar. *Ecological Applications*.

Legg, C. J., & Nagy, L. (2006). Why most conservation monitoring is, but need not be, a waste of time. *Journal of Environmental Management.*

Leirana-Alcocer, J.L; Hernádez-Betancourt, S; Salinas-Peba, L., & Guerrero-González, L. (2009). Cambios en la estructura y composición de la vegetación relacionados con los años de abandono de tierras agropecuarias en la selva baja caducifolia espinosa de la reserva de Dzilam, Yucatán. Mexico: Polibotánica.

Loiácono, M., & Margaría, C. (2011). Grado de curadoría de la colección de Diapriidae (Hymenoptera) del Museo de La Plata, Argentina. *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina*.

López-Gómez, A. M., & Williams-Linera, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*.

MAE. (2014). Plan Nacional de Restauración Forestal. Quito.

Magurran, A. E. (2004). Measuring Biological Diversity.

Mamani-Mamani, B., Loza-Murguia, M., Smeltekop, H., Almanza, J. C., Limachi, M., & Artículo, D. (2012). Generic diversity of ants (Himenopteros: Formicidae) in forest set, forest border and areas cultivated three Communities of the Municipality of Coripata, Nor Yungas Department of La Paz, Bolivia. *Jounal of the Selva Andina Research Society*.

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

Mason, W., Huber, J., & Fernández, F. (2006). El orden Hymenoptera. En: Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical.

Mazón, M. (2016). Taking shortcuts to measure species diversity: parasitoid Hymenoptera subfamilies as surrogates of species richness. *Biodiversity and Conservation*.

Mazón, M., & Bordera, S. (2014). Diversity of ichneumonidae (Insecta: Hymenoptera) in a protected area of central Spain: What are we protecting? *Insect Conservation and Diversity*.

Mazón, M., Maita, J., & Aguirre, N. (2017). Restauración del paisaje en latinoamérica: experiencias y perspectivas futuras. Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje.

McDonald, J. (2008). Handbook of Biological Statistics. *Sokal & Rohlf (1981).*

Meli, P., Herrera, F. F., Melo, F., Pinto, S., Aguirre, N., Musálem, K., … Brancalion, P. H. S. (2017). Four approaches to guide ecological restoration in Latin America. *Restoration Ecology*.

Michener, C. D. (2007). The bees of the world. *The Johns Hopkins University Press* (2da ed.).

Moreno, C. E. (2001). Métodos para Medir la Biodiversidad. *M&T* - Manuales y Tesis. *SEA*.

Murcia, C., & Guariguata, M. (2014). La restauración ecológica en Colombia. Tendencias, necesidades y oportunidades.

Naranjo, N., & Sáenz, A. (2011). Parasitoides (Hymenoptera) asociados a coberturas vegetales de sistemas productivos en el eje cafetero colombiano. *Boletín de La Sociedad Entomológica Aragonesa*.

Nates-Parra, G. (2009). Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica).*

Nicholls, C. I. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico.

Nieves-Aldrey, J. L., Fontal-Cazalla, F. M, & Fernández, F. (2006). Filogenia y evolución de Hymenoptera. Bogotá D.C.: Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia.

Nieves-Aldrey, J. L., & Rey del Castillo, C. (1991). Sobre La Captura De Insectos Por Medio De Una Trampa Malaise En La Sierra De Guadarrama (España) Con Especial Referencia a. *Ecología*.

Nieves, J. L., & Fontal, F. M. (1999). Filogenia y evolución del orden Hymenoptera. *Evolución y Filogenia de Arthropoda*.

Palladino, A. C. (2011). Gráfico de caja. *Atención Primaria de Salud, Epidemiología e Informatica II*.

Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*.

Quadros, A. L., & Brandão, C. R. F. (2017). Genera of Belytinae (Hymenoptera: Diapriidae) recorded in the Atlantic Dense Ombrophilous Forest from Paraíba to Santa Catarina, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)*.

Ramírez, M., & González, D. (2009). Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.

Reyes-Novelo, E., Meléndez, V., Delfín, H., & Ayala, R. (2009). Abejas Silvestres (Hymenopteraa: Apoidea) como Bioindicadores en el Neotrópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*.

Rodrigues, R. R., Lima, R. A. F., Gandolfi, S., & Nave, A. G. (2009). On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*.

Rodríguez-Berrío, A., Mazón, M., & Bordera, S. (2008). Estudio de la fauna de Ichneumonidae cenobiontes (Hymenoptera) en un ecosistema de montaña mediterránea. I. Subfamilia Banchinae. *Boletín de La Asociación Española de Entomología*.

Rodríguez-Mota, A. J., Ruíz-Cancino, E., Ivanovich-Khalaim, A., Coronado-Blanco, J. M., & Treviño-Carreón, J. (2015). Diversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en un bosque de Pinus spp. y Juniperus flaccida en Jaumave, Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

Sánchez, O., Peters, E., Márquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., Valdez, M. &, & Azuara, D. (2005). Temas sobre restauración ecológica. México: INE - SEMARNAT.

Sanderson, E. W., Jaiteh, M., Levy, M. A., Redford, K. H., Wannebo, A. V., & Woolmer, G. (2002). The Human Footprint and the Last of the Wild. *BioScience*.

Sarmiento, C. (1999). Los Véspidos solitarios de Colombia (Hymenoptera Vespidae: Eumeninae, Masarinae). En: Amat, G., G. Andrade-C. y F. Fernández.

SER. (2010). Investing in our Ecological Infrastructure. *Restoration Ecology*.

SER (SocietyforEcologicalRestoration International – Sociedad internacional para la restauración ecológica). (2004). Principios sobre SER. Internacional sobre la restauración ecológica. Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Política.

Sharkey, M. J. (2007). Phylogeny and classification of hymenoptera. *Zootaxa*.

Sharkey, M., & Wahl, D. B. (1992). Cladistics of the Ichneumonoidea (Hymenoptera). Journal of Hymenoptera Research.

Smith, D., & Fernández, F. (2015). Tenthredinoidea, Siricoidea y Orussoidea.

Solow, A. R. (2014). A simple test for change in community structure. *British Ecological Society*.

Thompson, I. (2011). Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *I. Thompson*.

Torres-Celi, J., Mazón, M., & Aguirre, N. (2017). Evaluación integral de la degradación de un ecosistema de páramo en el Ecuador como base para el establecimiento de un plan de Restauración Ecológica. En: Restauración del paisaje en latinoamérica: experiencias y perspectivas futuras. Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano.

Uribe, J., & Orrego, O. (2001). Modelos De Distribución De Abundancias En Comunidades De Briófitos. *Caldasia*.

Valencia, R., Cerón, C., Palacios, W., & Sierra, P. (1999). Las formaciones naturales de la Sierra del Ecuador. Quito, Ecuador: En: R. Sierra (Ed.). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre / Global Environment Facility-Banco Internacional de Reconstr.

Vargas, O. (2008). Guía metodológica para la restauracion ecológica del bosque altoandino.

Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colombiana*.

Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S. &, & Gómez, P. (2012). Guías Técnicas para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas de Colombia. Bogotá.

Vargas, O., & Reyes, S. (2011). La Restauración Ecológica en la Práctica. I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica & II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica.

Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., … Umaña, A. M. (2006). Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad (Segunda ed). Bogotá, Colombia.: Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Vollhardt, I. M. G., Tscharntke, T., Wäckers, F. L., Bianchi, F. J. J. A., & Thies, C. (2008). Diversity of cereal aphid parasitoids in simple and complex landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.

9. ANEXOS

Anexo 1. Super familias y familias encontradas para la zona conservada

Fecha de muestreo	**16-03 / 31-03-2018**	**ZONA CONSERVADA**		
SUPERFAMILIA	***FAMILIA***	**Muestra 1**	**Muestra 2**	**Muestra 3**
Ichneumonoidea	*Ichneumonidae*	61	125	9
	Braconidae	10	12	5
Platygastroidea	*Scelionidae*	3	2	0
Orussoidea	*Orussidae*	0	2	0
Vespoidea	Pompilidae	0	1	0
Evanoidea	*Evaniidae*	0	1	0
Tenthredinoidea	*Pergidae*	1	0	0
Xyphydrioidea	*Xiphydriidae*	2	0	0
Proctutropoidea	*Proctotrupidae*	0	1	0
	Diapriidae	2	3	1
Chrysidoidea	*Dryinidae*	1	1	0
Chalcidoidea	*Eulophidae*	1	0	0
	Eupelmidae	0	1	0
10	**13**	**81**	**149**	**15**
TOTAL		**245**		

Fuente: Datos obtenidos en el estudio (elaboración propia)

Anexo 2. Super familias y familias encontradas para la zona en restauración

Fecha de muestreo	**16-03 / 31-03-2018**	**ZONA EN RESTAURACIÓN**		
SUPERFAMILIA	***FAMILIA***	**Muestra 1**	**Muestra 2**	**Muestra 3**
Apoidea	*Halictidae*	1	0	0
Ichneumonoidea	*Ichneumonidae*	98	103	32
	Braconidae	12	12	4
Vespoidea	*Tiphiidae*	3	7	0
	Vespidae	6	4	2
	Pompilidae	1	4	0
	Sapygidae	1	0	0
	Formicidae	0	2	0
Evanoidea	*Evaniidae*	5	8	0
Proctotrupoidea	*Diapriidae*	6	9	1
	Proctotrupidae	0	0	1
Tenthredinoidea	*Tenthredinidae*	1	1	0
Cynipoidea	*Figitidae*	2	0	0
	Liopteridae	0	1	0
Chrysidoidea	*Dryinidae*	3	4	3
	Bethylidae	0	1	0
Orussoidea	*Orussidae*	1	0	0
Platygastroidea	*Scelionidae*	2	1	1
	Platygastridae	0	0	1
Chalcidoidea	*Pteromalidae*	0	2	0
	Eupelmidae	0	1	0
	Eulophidae	0	1	0
11	**22**	**142**	**161**	**45**
TOTAL		**348**		

Fuente: Datos obtenidos en el estudio (elaboración propia)

Anexo 3. Super familias y familias encontradas para la zona degradada

Fecha de muestreo	**16-03 / 31-03-2018**	**ZONA DEGRADADA**		
SUPERFAMILIA	***FAMILIA***	**Muestra 1**	**Muestra 2**	**Muestra 3**
Ichneumonoidea	*Ichneumonidae*	145	197	59
	Braconidae	24	27	19
Tenthredinoidea	*Tenthredinidae*	2	2	0
Evanioidea	*Evaniidae*	3	3	1
Vespoidea	*Pompilidae*	1	0	0
	Vespidae	5	0	0
	Formicidae	1	1	1
	Tiphiidae	0	2	1
Proctotrupoidea	*Diapriidae*	9	9	18
	Proctotrupidae	0	1	1
Cynipoidea	*Figitidae*	3	0	2
Chrysidoidea	*Bethylidae*	1	5	0
	Dryinidae	0	2	2
Apoidea	*Apidae*	1	0	0
Platygastroidea	*Platygastridae*	1	2	1
	Scelionidae	0	2	2
Chalcidoidea	*Eulophidae*	0	2	0
	Mymaridae	0	1	0
10	**18**	**196**	**256**	**107**
TOTAL		**559**		

Fuente: Datos obtenidos en el estudio (elaboración propia)

Anexo 4. Abundancia de las potenciales familias indicadoras por número de muestra

	Zonas de Conservación	**S fam Ichneumonidae**	**S fam Braconidae**	**S fam Diapriidae**
Muestra 1	Conservada	61	10	2
Muestra 2	Conservada	125	12	3
Muestra 3	Conservada	9	5	1
Muestra 1	Restaurada	98	12	6
Muestra 2	Restaurada	103	12	9
Muestra 3	Restaurada	32	4	1
Muestra 1	Degradada	145	24	9
Muestra 2	Degradada	197	27	9
Muestra 3	Degradada	59	19	18

Fuente: Datos obtenidos en el estudio (elaboración propia)

Anexo 5. Fotografías de los himenópteros encontrados e identificados.

Identificación de familias

Familia Ichneumonidae

Familia Braconidae

Familia Diapriidae

Familia Evanidae

Familia Apoidae

Familia Bethilidae

Familia Platygastridae

Familia Formicidae

Familia Mymaridae

Familia Dryinidae

Familia Tenthredinidae

Familia Tiphiidae

Zona Conservada

Zona Restaurada

Zona Degradada

Himenópteros montados y etiquetados