



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Asociación de la comunidad de anuros en tres niveles de conservación de la reserva privada “El Madrigal” en la Región Sur del Ecuador

Tesis de grado previo a la
obtención del título de Ingeniero
en Manejo y Conservación del
Medio Ambiente

Autor

Felipe Santiago Carrión Agila

Directora

Ecóloga Katusca Valarezo Aguilar, M. Sc.

Loja – Ecuador

2019



CERTIFICACIÓN

ECÓLOGA
KATIUSCA VALAREZO AGUILAR, M.SC
DIRECTORA DE TESIS

En calidad de directora de tesis titulada “**ASOCIACIÓN DE LA COMUNIDAD DE ANUROS EN TRES NIVELES DE CONSERVACIÓN DE LA RESERVA PRIVADA “EL MADRIGAL” EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR**”, de autoría del señor **Felipe Santiago Carrión Agila**, egresado de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, ha sido dirigida aprobada y revisada en su integridad, cumpliendo con todas las normas reglamentarias vigentes por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, 4 de junio del 2019

Muy Atentamente,



Ecól. Katusca Valarezo Aguilar, *M. Sc.*
DIRECTORA DE TESIS



CERTIFICACIÓN

En calidad de Tribunal Calificador de la Tesis titulada “ASOCIACIÓN DE LA COMUNIDAD DE ANUROS EN TRES NIVELES DE CONSERVACIÓN DE LA RESERVA PRIVADA “EL MADRIGAL” EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR”, de autoría de señor **Felipe Santiago Carrión Agila**, egresado de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, certificamos que la misma ha sido revisada he incorporada todas las sugerencias y observaciones efectuadas por los miembros del tribunal.

Por lo tanto, autorizamos al señor egresado, su publicación y difusión.

Loja, 02 de octubre del 2019

Atentamente,

Ing. Aurita Giovanna Gonzaga Figueroa, M.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo, M.Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL

Ing. Raquel Verónica Hernández Ocampo, M.Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL

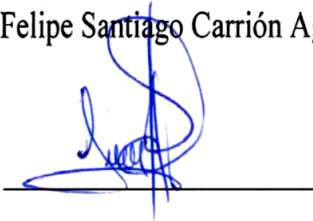
AUTORÍA

Yo, Felipe Santiago Carrión Agila 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 y acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mis tesis al Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autor: Felipe Santiago Carrión Agila

Firma:



Cédula: 0105741326

Fecha: Loja, 11 de octubre del 2019

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

Yo, Felipe Santiago Carrión Agila, declaro ser autor de la tesis titulada “**ASOCIACIÓN DE LA COMUNIDAD DE ANUROS EN TRES NIVELES DE CONSERVACIÓN DE LA RESERVA PRIVADA “EL MADRIGAL” EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR**”, como requisito para optar al grado de: Ingeniero 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 reproducción intelectual de la universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden 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 que realice un tercero. Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los once días del mes de octubre del dos mil diecinueve, firma el autor.

Firma:



Autor: Felipe Santiago Carrión Agila

Número de cedula: 0105741326

Dirección: Loja, Barrio las Peñas

Correo: Santiago.a667@hotmail.com

Celular: 0980934085

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora de tesis: Ecól. Katusca Janet Valarezo Aguilar, M. Sc.

Tribunal de grado: Ing. Aurita Giovanna Gonzaga Figueroa, M.Sc.

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo, M.Sc.

Ing. Raquel Verónica Hernández Ocampo, M.Sc.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis Padres y hermanas que me brindaron su apoyo en cada momento, a mis familiares, amigos y todos quienes contribuyeron al desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación. Agradecer de manera especial a mi directora de tesis Ecóloga katusca Valarezo Aguilar, por su gran calidad humana, por su apoyo, paciencia, y recomendaciones durante el trabajo investigativo. A Yosselyn S, por su amistad, colaboración y esfuerzo en la fase de campo de este trabajo, y finalmente agradecer al sr Hugo Tapia por brindarme su apoyo y la disponibilidad para realizar la investigación en la Reserva Madrigal.

El autor

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios, quien guía mis pasos día a día, y me ha dado fuerza para levantarme después de cada tropiezo. A mis padres, Aurelio y Sonia por su apoyo incondicional, por sus consejos que me ha permitido ser una persona de bien, son mi fortaleza y mi esperanza. A mis hermanas Karina, Liliana y Estefanía por estar a mi lado siempre y acompañarme en mis mejores y peores momentos y motivarme a ser mejor cada día.

A las personas que siempre estuvieron pendientes de mis pasos, amigos y familiares que constantemente me alentaban a concluir esta fase de mi vida, gracias.

El autor

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Biodiversidad	3
2.1.1. Diversidad de especies	3
2.1.2. Diversidad de anfibios en Ecuador	3
2.2. Bioindicadores ambientales	4
2.2.1. Anfibios.....	4
2.2.2. Clasificación	5
2.2.3. Amenazas que enfrentan los anfibios	5
2.2.4. Anfibios como indicadores ambientales	6
2.3. Restauración ecológica	6
2.4. Ecosistemas.....	7
2.4.1. Ecosistema conservado	7
2.4.2. Ecosistema degradado.....	7

2.4.3.	Ecosistema restaurado.....	8
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1.	Área de estudio.....	9
3.2.	Ubicación de las zonas de muestreo	9
3.3.	Metodología para determinar la diversidad de anuros en función del nivel de conservación en la Reserva Privada “El Madrigal”	11
3.3.1.	Delimitación de transectos lineales.....	11
3.3.2.	Muestreo	11
<input type="checkbox"/>	Relevamiento por encuentros visuales (REV)	11
<input type="checkbox"/>	Registros de campo	11
<input type="checkbox"/>	Identificación de especies anuras.....	12
3.3.3.	Diversidad de anuros.....	12
3.3.4.	Eficiencia de muestreo.....	13
3.4.1.	Variabilidad morfométrica.....	13
3.4.2.	Especies indicadoras para el monitoreo de restauración en la reserva	13
3.5.	Análisis de la relación entre la diversidad de anuros y los niveles de conservación en la Reserva Privada “El Madrigal”	15
3.5.1.	Análisis estadístico.....	16
4.	RESULTADOS	17
4.1.	Diversidad de anuros en función del nivel de conservación (restaurada, conservada y degradada).....	17
4.1.1.	Abundancia	17
4.1.2.	Riqueza de especies	18
4.1.3.	Diversidad.....	19

4.2.	Variabilidad morfométrica de anuros y especies indicadoras para el monitoreo de restauración ecológica.....	20
4.2.1.	Variabilidad morfométrica.....	20
4.2.2.	Especie indicadora para el monitoreo de restauración ecológica	22
4.3.	Analizar la relación entre la diversidad de anuros y los niveles de conservación.	24
5.	DISCUSIÓN	26
6.	CONCLUSIONES.....	30
7.	RECOMENDACIONES.....	31
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	32
9.	ANEXOS	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	9
Figura 2. Medidas de longitud rostro-cloaca (LRC), longitud cabeza (LC), ancho boca (AB), ancho de cabeza (AC), longitud de antebrazo (LA), longitud del fémur (LF), longitud tibia (LF), longitud pie (LP), peso (g).	13
Figura 3. Número de individuos registrados en la zona conservada, restaurada y degradada.....	18
Figura 4. Curvas acumulativas basadas en el número de especies observadas durante los días de muestreo en la reserva privada “El Madrigal”.	19
Figura 5. Dispersión de puntos del tamaño promedio de las especies representativas de la reserva “El Madrigal”: <i>Pristimantis lymani</i> (a) (b), <i>Pristimantis cf phoxocephalus</i> (c) (d), <i>Pristimantis sp nov</i> (e) (f), <i>Pristimantis cajamarcensis</i> (g) (h), <i>Pristimantis sp.1</i> (i) (j). LCR: Longitud rostro-cloaca; LC: Longitud cabezada; AB: Ancho de boca; AC: Ancho cabeza; LA: Longitud antebrazo; LF: Longitud del Fémur; LT: Longitud de la Tibia; LP: Longitud del pie; Peso:	22
Figura 6. Ficha técnica de la especie propuesta como indicadora para el monitoreo de la restauracion ecológica en los tres niveles de conservación de la Reserva “El Madrigal”	24
Figura 7. Diagrama de caja y bigote para la riqueza observada en las zonas conservada, restaurada y degradada.	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies de anfibios registradas en Ecuador	4
Tabla 2. Países con el mayor número de especies amenazadas.....	5
Tabla 3. Puntos georreferenciados (inicial y final) de zonas de muestreo en la parte media de la reserva privada “El Madrigal”	10
Tabla 4. Valores para interpretar el índice de Simpson y Shannon-Wiener.....	12
Tabla 5. Valores para interpretar el grado de similitud de Jaccard	12
Tabla 6. Criterios para identificar las especies indicadoras.....	14
Tabla 7. Número de especímenes identificados en las tres zonas de muestreo, conservada, restaurada y degradada, de la reserva privada “El Madrigal”	17
Tabla 8. Diversidad anura en los sitios de estudio según los índices Simpson (D) y Shannon Wiener (H).....	19
Tabla 9. Valores de similitud del Índice de Jaccard para las diferentes zonas de estudio... ..	20
Tabla 10. Calificación para determinar la especie indicadora de las zonas de estudio.	23
Tabla 11. Valor del estadístico Kruskal-Wallis y valores de significancia de los niveles de conservación.	25

**Asociación de la comunidad de anuros en tres niveles de
conservación de la reserva privada “El Madrigal” en la
Región Sur del Ecuador**

RESUMEN

El presente trabajo estudió la asociación de la comunidad anuros y la relación que tienen en la restauración de los ecosistemas, determinado el avance de restauración a través de las especies anuras, en tres niveles de conservación (zona conservada, restaurada y degradada), en la reserva privada “El Madrigal” en la Región Sur del Ecuador. Para el muestreo se aplicó el método estandarizado para el estudio y monitoreo de herpetofauna denominado relevamiento por encuentros visuales. El muestreo se lo realizó durante 36 días efectivos, distribuidos en tres meses de abril, mayo y junio, registrando 286 individuos pertenecientes a 9 especies del género *Pristimantis*. Para analizar la relación entre la diversidad de anuros y los niveles de conservación se realizaron pruebas estadísticas no paramétricas. Se encontraron diferencias significativas en la abundancia y dominancia de especies, en relación a los niveles de conservación evaluados, mostrando que la zona degradada es bajo en relación al número de especies e individuos anuros. Con la metodología modificada de Villarreal et al. (2006), se propuso a *Pristimantis* cf *phoxocephalus* como potencial indicadora de restauración ecológica. El análisis estadístico mostro diferencia significativas en la morfología de *Pristimantis lymani*, *P.* cf *phoxocephalus* y *Pristimantis* sp nov, variabilidad que podría estar respondiendo al régimen alimenticio, hábitat, sexo y grupo etario de los especímenes.

Palabras claves: Indicadores biológicos, anuros, *Pristimantis* cf *phoxocephalus*, zonas de conservación.

ABSTRACT

The current study evaluated the association of the anuran community and the relation they have in the restoration of ecosystems, determining the progress of restoration through anurans species, in three levels of conservation (conserved, restored and degraded zone) in the private reserve “El Madrigal” in the Southern Region of Ecuador. For sampling, the standardized method for the study and monitoring of herpetofauna called visual encounter survey was applied. The sampling was carried out during 36 effective days, distributed in three months (April, May and June), registering 286 individuals belonging to 9 species of genus *Pristimantis*. To analyze the relationship between the diversity of anurans and the conservation levels, there were done non-parametric statistical tests. Differences were found in the abundance and dominance of species, showing the degraded area is low in relation to the number of species and anuran individuals. With the modified methodology of Villarreal et al. (2006), it was proposed *Pristimantis cf phoxocephalus* as a potential indicator of ecological restoration. Statistical analysis showed difference in morphological of *Pristimantis lymani*, *P. cf phoxocephalus* and *Pristimantis sp nov*, variability that might respond to the diet, habitat.

Key words: biological indicators, anurans, *Pristimantis cf phoxocephalus*, conservation areas.

1. INTRODUCCIÓN

Los anfibios son considerados buenos indicadores ambientales por su alto grado de sensibilidad a las alteraciones que se dan en los ecosistemas y a los impactos que éstos reciben (Aguirre, 2002). Se caracterizan por ser un grupo diverso de vertebrados con más de 5 450 especies en el mundo y cumplen importantes funciones ecológicas relacionadas al flujo de energía y nutrientes (Bolaños et al., 2008). Complementariamente, Castillo (2017), afirma que son considerados como valiosos indicadores de calidad ambiental por cumplir roles importantes dentro de ecosistemas acuáticos y terrestres.

Los científicos han documentado una gran disminución en las poblaciones de anfibios en muchas regiones y tipos de hábitats (Rice, Mazzotti y Waddle, 2016), siendo la destrucción de sus hábitats una de las principales amenazas que enfrenta este grupo a nivel mundial, sumado al cambio climático global y la contaminación de las fuentes hídricas (Young, Stuar, Chanson, Cox y Boucher, 2004). La pérdida de la diversidad de anfibios está asociada con la destrucción y fragmentación del hábitat, principalmente con fines agrícolas (Quiguango-Ubillus, 2015) provocando la reducción de las poblaciones e incluso desaparición de especies (Fernández et al., 2015). Además, Rice et al., (2016), mencionan que a pesar de existir estudios relacionados con el decrecimiento de los anfibios se carece de análisis detallados necesarios para confirmar las causas que provocan este descenso.

Ron, Yáñez, Merino, Ortiz y Aguirre (2016) mencionan que Los Andes ecuatorianos se caracterizan por una variedad de condiciones ambientales que favorecen a una gran diversidad de anfibios (alrededor de 396 especies descritas); sin embargo, Ecuador está entre los países más afectados por las declinaciones y extinciones poblacionales. Se estima que 24 especies han desaparecido en el país, afectando principalmente a sapos y ranas, con larvas acuáticas (Bustamante, Ron y Coloma, 2005).

Ante este contexto, la presente investigación busca contribuir a generar información de la reserva privada “El Madrigal”, perteneciente a la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus, a través de las siguientes preguntas, ¿Cuál es la asociación que existe entre las diferentes especies anuras y el nivel conservado, restaurado y degradado? ¿Cómo se encuentra la diversidad de anuros en función del nivel de conservación? de forma que se

tenga información actualizada de cómo las especies anuras ayudan a comprender el avance de la restauración en los diferentes hábitats con la finalidad de establecer estrategias de conservación y manejo adecuadas a cada contexto.

En el presente estudio de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Evaluar la asociación de la comunidad de anuros en tres niveles de conservación de la reserva privada “El Madrigal” en la Región Sur del Ecuador.

Objetivos Específicos:

- Determinar la diversidad de anuros en función del nivel de conservación (restauración, conservación y degradación) en la reserva privada “El Madrigal”.
- Determinar la variabilidad morfométrica de anuros y las especies indicadoras para el monitoreo de restauración ecológica en la reserva privada “El Madrigal”.
- Analizar la relación entre la diversidad de anuros y los niveles de conservación en la reserva “El Madrigal”.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Biodiversidad

El término está asociado a la gran variedad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que habitan un área determinada (Bravo, 2014). La biodiversidad se origina por la evolución de las especies en el tiempo y se estudia a nivel de ecosistemas, especies y genes (Mena, 2014). El concepto fue legalizado en 1992 en Río de Janeiro, manifestando: “La biodiversidad es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la variabilidad existente dentro de cada especie, entre las especies y de ecosistemas como resultado de procesos naturales y culturales” (Aguirre, 2006).

2.1.1. Diversidad de especies

Aguirre (2006) menciona que la diversidad de especies se da por los diferentes procesos climáticos, geográficos, geológico-volcánicos, entre otros, lo que favorece a la existencia de diferentes ambientes naturales, dando como resultado variabilidad de especies que no está distribuidas de manera homogénea en el planeta, por lo que áreas con mayor extensión presentarían mayor diversidad (Jiménez y Corcuera, 2010). Encontrándose la mayor diversidad de anfibios en países con mayor cobertura vegetal endémica como Brasil (28 %), Colombia (26 %), Ecuador (17 %) y Perú (15 %) (Carrillo y Pavajeau, 2008).

2.1.2. Diversidad de anfibios en Ecuador

Valencia, Betancourt y Barahona (2008) mencionan que Ecuador a pesar de su corta extensión territorial es un país megadiverso debido a su ubicación geográfica, la influencia de corrientes marinas y la presencia de los Andes. Ecuador cuenta con 622 especies de anfibios (agrupadas en tres órdenes y 18 familias) como se muestra en la tabla 1 (Ron., et al 2016). Así mismo se destaca el mayor número de especies endémicas que solo se encuentran en esta región del mundo (MAE, 2016).

Tabla 1. Especies de anfibios registradas en Ecuador

Anfibios	No. total de especies	No. de especies Endémicas
Anura (Sapos y ranas)	590	267
Caudata (Salamandras)	7	4
Gymnophiona (Cecilias)	23	7
Total	622	278

Fuente: Ron., et al (2016)

De acuerdo con la lista de UICN¹, a partir del 2011, el 44 % de las especies se encuentran amenazadas o en riesgo de extinción. Si se incluyen las especies con poca información este porcentaje puede llegar al 60 %, considerando que hay especies por descubrir y muchas de ellas se extinguen antes de ser descritas (Ron et al., 2016). Sin embargo, la conservación es compleja y demanda la colaboración de profesionales expertos y calificados (Triannual y Delhi, 2008).

2.2. Bioindicadores ambientales

Son variables o atributos de los sistemas biológicos, que contribuyen a evaluar la calidad ambiental. Inicialmente se utilizaron especies o asociaciones de éstas, como indicadores (Martínez, 2015). El uso de bioindicadores constituye una herramienta excelente para conocer el estado actual de la calidad de un ecosistema, ya que, a través de información recogida, permite identificar el nivel de deterioro ambiental (Quiroga, 2007).

2.2.1. Anfibios

Los anfibios pertenecen a la clase amphibia de los vertebrados, son animales exotérmicos o de sangre fría, poseen la piel típicamente desnuda, dentro de las características más importantes, su fecundación es externa y tienen huevos gelatinosos (Young, Stuar, Chanson, Cox y Boucher, 2004). Son llamados de doble vida, por presentar ciertas particularidades en su etapa reproductiva, y se encuentran presentes en hábitats acuáticos, terrestres, fosoriales y arborícolas de prácticamente todos los continentes (Parra, flores y Mendoza, 2014). Sin embargo, no siempre se da un ciclo de vida difásico, ya que algunas

¹ UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

ranas como los cutínes (*Eleuthrodactylus*) sus huevos se desarrollan completamente en sitios terrestres (Yáñez-Muñoz, 2005).

2.2.2. Clasificación

Wieckowski (2003), menciona que los anfibios se clasifican en tres órdenes; el primer grupo, sapos y ranas (orden Anura), el segundo grupo salamandras y tritones (orden Caudata), y el tercer grupo cecilidos (orden Gymnophiones). El primer orden se caracteriza por no presentar cola, su cuerpo es corto con piel lisa o rugosa. El orden Caudata, se caracterizan por no poseer escamas sobre su piel, presentan una cola por lo que son fáciles de confundir con las comúnmente llamadas lagartijas. El orden Gymnophiona, se identifica por tener un cuerpo alargado y liso además no poseen patas lo que las hace semejantes a una lombriz y se encuentran solamente en los países tropicales (Sarango, 2013).

2.2.3. Amenazas que enfrentan los anfibios

La degradación de hábitat y la contaminación ambiental son las mayores amenazas con las que se enfrentan los anfibios, además las actividades humanas como la introducción de especies exóticas, y el uso de muchas especies para la fabricación de medicinas tradicionales (Siavichay et al., 2016). El enemigo más urgente a nivel mundial es un hongo que causa la quitridiomycosis la cual es mortal para cientos de especies de anfibios, lo que pudiera estar aún más amenazados por el calentamiento global (Carrillo y Pavajeau, 2008). En la tabla 2 se observa observan los países con mayor número de especies manejadas.

Tabla 2. Países con el mayor número de especies amenazadas.

Posición	País	No. de especies amenazadas
1	Colombia	209
2	México	196
3	Ecuador	163
4	Brasil	110
5	China	88
6	Perú	81

Fuente: Carrillo y Pavajeau (2008)

2.2.4. Anfibios como indicadores ambientales

Los anfibios son considerados como valiosos indicadores de calidad ambiental ya que juegan múltiples papeles funcionales dentro de los ecosistemas acuáticos y terrestres, respondiendo a los diferentes cambios que se dan en el ambiente (Rice y Waddle, 2016). En este sentido los anfibios son excelentes iniciadores del modo de vida terrestre de los vertebrados (Cerezo, 2015), ya que en ambientes altamente alterados, pueden constituir como un importante indicador ambiental (Echegaray y Hernando, 2000), ya que éstos pueden ser particularmente sensibles a la fragmentación de los bosques debido a sus características fisiológicas y etológicas, y factores ambientales como la temperatura, la precipitación y la humedad relativa del aire determinan su distribución ecológica y geográfica (Ríos, 2011). Asimismo debido a su composición y variedad, son utilizados como organismos modelo en investigaciones ecológicas, fisiológicas, embriológicas y genéticas (Echegaray y Hernando, 2000). Llegando a ser excelentes indicadores del éxito de restauración ecosistémica (Rice y Waddle, 2016), además de brindar un valor cultural y económico, significativo para la sociedad (Lips y Reaser, 1999).

2.3. Restauración ecológica

La restauración ecológica es proceso de apoyar a la regeneración de ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos, y busca en lo posible la recuperación utilizando un modelo de entorno de referencia nativo local (Mazón, Maita y Aguirre, 2017), y se debe guiar por cuatro principios integrales: a) aumentar la integridad ecológica, b) ser sostenible a largo plazo, c) estar informado por el pasado y el futuro, y d) beneficiar e involucrar a la sociedad (Zhiñin, 2017).

Cuando se elige un área para restaurar se encuentra con variedad de factores naturales, culturales, sociales y políticos, originando que cada sitio sea único y que las propuestas para restaurar sean diferentes en cada ecosistema (Vargas, 2011); siendo la estrategia más adecuada la colonización y sucesión natural, dada en lugares donde la degradación no está extendida y existe fragmentos de bosque endémico (Sanchún *et al.*, 2016).

2.4. Ecosistemas

Un ecosistema está compuesto por un componente vivo y otro inerte. En el primero se tiene un conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas, mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis (Bravo , 2014). Martínez (2015) señala que “El término fue propuesto en 1935 por el ecólogo inglés A. G. Tansley y es referido como la unidad funcional básica en ecología que comprende las comunidades bióticas y el medio ambiente abiótico de una región dada, cada uno de los cuales influye en las propiedades del otro”.

2.4.1. Ecosistema conservado

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, (IUCN, 2000) las áreas conservadas, son lugares de vida silvestre que alojan especies únicas, y poseen valores científicos, culturales y educativos, ayudando a equilibrar el cambio climático de manera natural (MAE, 2015); contribuyen al desarrollo económico, a través de servicios ambientales, como el turismo la medicina, entre otros, siendo muchas áreas protegidas importantes para el desarrollo sostenible de comunidades (Dudley, 2008).

En Ecuador hay dos figuras de protección para las áreas naturales: aquellas áreas que están registradas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), y aquellas zonas que su interés biológico, ecológico o cultural; De las cuarenta áreas pertenecientes al SNAP, 5 se encuentran en la Región Sur del Ecuador: Parque Nacional Podocarpus (146436.361 ha.), Refugio de Vida Silvestre El Zarza (3642.693 ha.), Reserva Biológica El Quimi (9071 ha.), Reserva Ecológica Arenillas (17292.402 ha.) y Parque Binacional El Cóndor (2.44 ha.), lo que significa que el 5% de la región se encuentra conservada (MAE, 2008).

2.4.2. Ecosistema degradado

La destrucción y degradación de los ecosistemas naturales terrestres y acuáticos es una de las principales causas de la extinción de especies (Vargas, 2007). Además los cambios que se dan en los entornos se consideran el único tipo de interés para la biodiversidad, algunos de los cambios que se dan son lentos y menos perceptibles, modificando estructura, función y régimen de funcionamiento, con tendencias negativas frente a la biodiversidad (Andrade y Castro, 2012). Siendo un proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo

(Cerezo, 2015). La contaminación ambiental es una causa directa de la degradación y pérdida de biodiversidad contribuyendo a la degradación de ecosistemas (Andrade y Castro, 2012).

La principal causa de la degradación de los bosques es la deforestación y fragmentación, provocada por la creación de sistemas de producción y consumo insostenibles con el ambiente, principalmente por la conversión de los bosques para destinarlos a cultivos de pequeña escala, la extracción de especies maderables, la construcción de carreteras y la colonización de nuevas tierras (Zhiñin, 2018). Ecuador entre 1982 y 2003 se degradaron 34.686,3 km² de tierras, aproximadamente un 14,2% del territorio nacional, con un 25,9% correspondiente a la sierra, un 30% a la costa y un 44,1% al oriente. En el oriente, las provincias de Napo, Pastaza y Morona Santiago suman un 36% del total, Manabí, Guayas y Esmeraldas en la costa aportan un 21,3%, mientras que en la sierra corresponde a Pichincha, Loja y Azuay un 13% (Morales, 2012).

2.4.3. Ecosistema restaurado

La restauración ecológica es “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, o destruido”, y apunta a recuperar la biodiversidad, su integridad y salud ecológicas (Vargas, 2007). Los ecosistemas de referencia sirven de modelo para planificar, proyectos de restauración ecológica y posteriormente la evaluación del avance de reconstrucción de los entornos (Fernández et al., 2015).

La restauración varía mucho de un proyecto a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas (Fernández et al., 2015). Ecuador entre el año 2014 al 2017, ha temido un avance positivo incorporando planes de recuperación mediante enriquecimiento de áreas con especies nativas; y recuperación mediante regeneración natural asistida. (Batidas, 2015); teniendo como objetivo final es recuperar los atributos esenciales que definen a los ecosistemas y le dan su identidad (Murcia y Guariguata, 2014).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

La investigación se realizó en la Reserva Privada “El Madrigal” perteneciente a la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus, ubicada 5 km fuera de la ciudad de Loja, situada en el sector Zamora Huayco Alto (Figura 1), con coordenadas 703585 de longitud este y 9552357 de latitud norte. Toda la reserva está dentro de la Microcuenca San Simón, abarcando 306 ha de tierra. Originalmente está formada por bosque nublado en sus distintos niveles de conservación, con un rango altitudinal entre 2 225 a 3 310 m s.n.m., una precipitación anual entre 500 y 1 200 mm y una temperatura de 12 a 14 °C (Piedra, 2015).

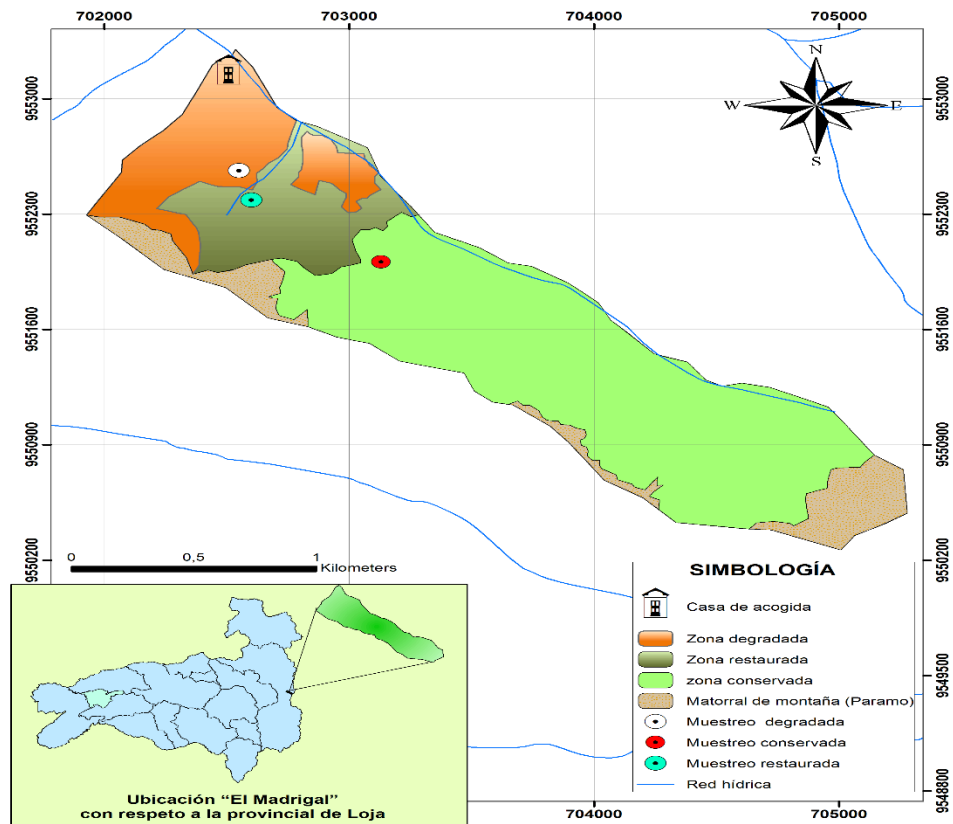


Figura 1. Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo de la reserva privada “El Madrigal”

3.2. Ubicación de las zonas de muestreo

Las zonas de estudio se ubicaron en la parte media de la reserva “El Madrigal” (Tabla 3), donde se seleccionaron tres zonas; la primera se trató de un ambiente degradado, la

segunda zona consistió en un bosque secundario y el tercer lugar correspondió a un área de bosque primario sin intervención antrópica.

La zona conservada se caracterizó por poseer especies nativas del lugar, con alturas superiores a los 5 metros, como por ejemplo el Nogal (*Juglans regia* L), Cedro (*Cedrela odorata* L), Joyapas (*Macleania rupestris* K), Arrayán (*Luma apiculata* B), especies endémicas en peligro de extinción como la Cascarilla (*Cinchona officinalis* L), entre otros (Piedra, 2015). Además de la presencia de epífitas y musgos que crecen en las ramas y troncos de los árboles, las cuales prestan alojamiento para anfibios, reptiles e insectos.

La zona restaurada se seleccionó por presentar bosque secundario, debido a la alteración del ecosistema generado por la ganadería en años pasados. Actualmente esta área se encuentra reforestada por especies como el Aliso (*Alnus acuminata* S), y existen especies propias del lugar como el Pumamaqui (*Oreopanax ecuadorensi* S) y la Chilca (*Baccharis spp* L), entre otras especies (Piedra, 2015).

Finalmente, la zona degradada fue seleccionada por presentar degradación general, dada por un incendio forestal en el año 2016, el cual provocó la destrucción de flora y fauna existente en el lugar. Es por ello que esta área se encuentra en su mayoría cubierta por especies como la mora de cerro (*Rubus ulmifolius* S) y el helecho común (*Pteridium aquilinum* L) (Piedra, 2015).

Tabla 3. Puntos georreferenciados (inicial y final) de zonas de muestreo en la parte media de la reserva privada “El Madrigal”.

Zonas de muestreo	Altitud (m s.n.m.)		Coordenada X	Coordenada Y
Conservada	2 432	inicial	703131	9552010
		final	703276	9552098
Restaurada	2 410	inicial	702600	9552386
		final	702754	9552471
Degradada	2 381	inicial	702550	9552564
		final	702549	9552724

3.3. Metodología para determinar la diversidad de anuros en función del nivel de conservación en la Reserva Privada “El Madrigal”

3.3.1. Delimitación de transectos lineales

Para la delimitación de los transectos en campo, se seleccionaron tres diferentes zonas a una altitud similar (m s.n.m.), en diferentes áreas (conservada, restaurada y degradada), cada área de muestreo tuvo una longitud de 200 metros, las mismas que fueron delimitadas utilizando un flexómetro y una piola que sirvió de línea guía, para luego realizar el recorrido en dichas áreas.

3.3.2. Muestreo

Para el muestreo de la anurofauna se empleó el método sugerido por Lips y Reaser, (1999); Yáñez, (2005) y Tellería, (2013) que consiste en Relevamiento por Encuentro Visual (REV), con un esfuerzo de muestreo de dos personas en periodos de 12 días cada transecto, con un total de 36 días efectivos, distribuidos durante los meses de abril, mayo y junio del 2018. En cada zona se realizó el muestreo durante la noche en horarios de 18H00 a 22H00, con un total de 144 horas de muestreo.

- **Relevamiento por encuentros visuales (REV)**

Esta técnica es recomendada para especies que se encuentran activas en áreas abiertas, aunque también para aquellas de hábitos arborícolas. Consiste en una búsqueda sistemática de anfibios en un área determinada y en un tiempo establecido (Crump y Scott, 1994). Esta técnica se la aplicó en los tres sitios señalados realizando periódicamente recorridos lineales a la misma zona de muestreo durante las horas determinadas de 18H00 a 22H00. El orden de muestreo y recorrido de cada zona se eligió de manera aleatoria, con el propósito de disminuir los sesgos que suelen darse por influencia del investigador o por las condiciones del lugar, tanto climáticas como físicas.

- **Registros de campo**

Los individuos observados fueron capturados y depositados en fundas plásticas, y en el mismo sitio de colecta se procedió a registrar la información del individuo (Anexo 1). Además, se fotografió cada espécimen para facilitar la identificación de la especie.

- **Identificación de especies anuras**

La identificación de los anuros se la realizó mediante los registros fotográficos de cada espécimen y contrastando con material bibliográfico especializado, así mismo se contó con la colaboración de los curadores especializados en herpetología de la Universidad Técnica Particular de Loja.

3.3.3. Diversidad de anuros

Se procedió a calcular la diversidad mediante la cuantificación de la abundancia y la riqueza cada zona de estudio, empleando los Índices de Shannon y de Simpson (Tabla 4). El índice de Simpson (“D”) indica la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra pertenezcan a la misma especie (Magurran, 1989), mientras que el índice de Shannon-Wiener (H) mide la diversidad específica de cada zona, donde se asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 1989).

Tabla 4. Valores para interpretar el índice de Simpson y Shannon-Wiener.

ÍNDICE	SIGNIFICANCIA		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Shannon-Wiener(H)	0 – 1,5	1,6 – 3,4	> 3,5
Simpson (D)	0 – 0,33	0,34 – 0,66	> 0,67

Fuente: Magurran, 1989

Además, se calculó el índice de similitud de Jaccard para comparar especies en diferentes hábitats. Este índice permite conocer la similaridad entre las muestras, es decir, relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Moreno, 2001). La interpretación de los valores se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Valores para interpretar el grado de similitud de Jaccard

VALORES	SIGNIFICANCIA
0 - 35	Disímiles
36 - 70	Medianamente similares
> 70	Muy similares

Fuente: Moreno, 2001

3.3.4. Eficiencia de muestreo

La eficiencia de muestreo se analizó mediante la curva de acumulación de especies, utilizando el programa estadístico EstimateS (Versión 9.1.0), aplicado en las tres zonas de muestreo (conservada, restaurada y degradada), la cual indicó el número de especies acumulado, en relación al número de muestreos que se realizó por zona. Posteriormente se graficó la curva acumulativa de las especies observadas.

3.4. Metodología para determinar la variabilidad morfométrica de anuros y las especies indicadoras para el monitoreo de restauración ecológica en la Reserva Privada “El Madrigal”

3.4.1. Variabilidad morfométrica

Para la variabilidad morfométrica se utilizó el protocolo sugerido por Salgado (2016), donde se llevó un registro de cada individuo capturado. Así mismo, las características morfométricas (Figura 2) de los individuos fueron medidas con un calibrador digital de 0,01mm de precisión. Para obtener la masa (peso) de cada anuro se utilizó una balanza digital con una precisión de 0,1 g. Ambos instrumentos fueron verificados antes de iniciar la medición y pesaje de especímenes, para evitar errores durante la toma de datos.

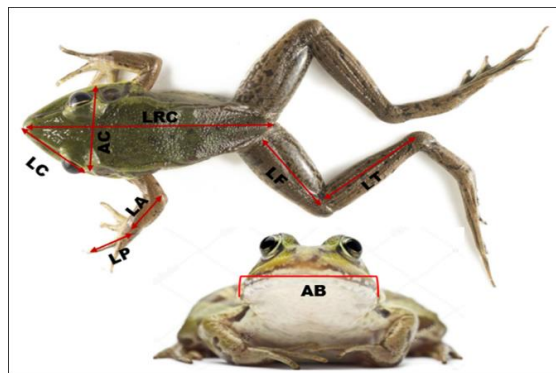


Figura 2. Medidas de longitud rostro-cloaca (LRC), longitud cabeza (LC), ancho boca (AB), ancho de cabeza (AC), longitud de antebrazo (LA), longitud del fémur (LF), longitud tibia (LF), longitud pie (LP), peso (g).

3.4.2. Especies indicadoras para el monitoreo de restauración en la reserva

Para proponer las especies indicadoras se evaluaron los individuos ya identificados y se ajustó la metodología de Villarreal et al. (2006), donde se establecen ocho criterios a ser

evaluados (Tabla 6), de los cuales se seleccionaron los que tienen relación directa con los anuros.

Tabla 6. Criterios para identificar las especies indicadoras.

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN
Taxonomía bien conocida y estable	Las especies con que se trabaje deben ser identificables sin mayor problema
Historia natural bien conocida	Entre más numerosos y completos sean los estudios sobre el taxón alrededor del mundo más respaldo se tendrá para la interpretación de resultados
Taxones superiores con distribución en un amplio rango geográfico	Los taxones y sus especies deben encontrarse en diferentes ecosistemas
Abundantes y de fácil observación y manipulación	No debe ser necesario mucho esfuerzo para encontrar individuos del grupo objeto, al igual que deben ser de fácil reconocimiento
Taxones inferiores (especies y subespecies) con especificidad de hábitat y sensibles a cambios	El grado de sensibilidad del grupo objeto es útil para cuantificar disturbios o impactos si se generan cambios en el hábitat
Grupo altamente diversificado taxonómica y ecológicamente	Es importante que el grupo objeto presente un número de especies tal, que brinde información de lo que se desea contestar a la escala trabajada
Presentar poca estacionalidad	Es importante que las especies del grupo objeto posean pocas fluctuaciones poblacionales relacionadas con los cambios ambientales
Patrones de diversidad extrapolable a otros taxones relacionados y no relacionados	Por ejemplo, con la diversidad de helechos y melastomatáceas se puede predecir riqueza de árboles en algunos tipos de bosques de la Amazonia o con la de escarabajos cicindélidos se puede predecir la de aves y mariposas a escalas con poco detalle.

Fuente: Villarreal et al., (2006).

En base a estos criterios se se seleccionó aquellos que tienen influencia directa sobre los anuros y se evaluó cada especie, categorizándolos en orden inverso según la importancia:

1. Taxonomía bien conocida y estable
2. Historia natural bien conocida
3. Taxones superiores con distribución en un amplio rango geográfico
4. Abundantes y de fácil observación y manipulación
5. Taxones inferiores (especies y subespecies) con especificidad de hábitat y sensibles a cambios.

Una vez estimados los criterios a evaluar, se asignó un valor a cada parámetro, según las características de cada especie. Se consideró el 0 a la especie que no cumplía con el criterio, 1 a la especie que cumplió en cierta medida con el criterio y 2 para las especies que cumplieron en su totalidad con el criterio evaluado. Posteriormente, se procedió a sumar el total de los valores asignados para cada especie, asumiendo el valor hipotético de 10, que equivale al 100 %, donde el espécimen con mayor puntuación se podría proponer como potencial indicador.

El porcentaje de los criterios evaluados determinan si las especies son buenas indicadoras de restauración ecológica: $> 90\%$ = Muy buen indicador; $75 - 89\%$ = Buen indicador; y, $< 74\%$ = No se sugiere como indicador (Villareal et al., 2016).

3.5. Análisis de la relación entre la diversidad de anuros y los niveles de conservación en la Reserva Privada “El Madrigal”.

Para analizar la relación entre la diversidad de las comunidades de anuros y los niveles de conservación en la reserva, se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis. Es el método más adecuado para comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales (Berlanga y Rubio, 2012) . Generalmente utiliza dos hipótesis: H_0 : Las k medianas son todas iguales; y, H_1 : Al menos una de las medianas es diferente (Herrera y Carse, 2000; McDonald, 2008).

Para la presentación de los resultados se utilizó el diagrama Boxplot o de caja por grupo que permite observar de forma clara la distribución de los datos y sus principales características.

3.5.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico se lo realizó en el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), donde se calculó la media y la desviación estándar de las medidas, y de las especies del lugar. Se calculó el estadístico Kolmogorov-Smirnov, para determinar si existe variación en cada parámetro morfológico medido de cada especie, en las tres zonas de estudio. El índice de Shannon-Wiener se usa para medir si las abundancias están equitativamente distribuidas entre todas las especies de la zona, mientras que el índice de Simpson, corrobora si existen especies dominantes, es decir la concentración de muchos individuos en pocas especies. Además se calculó el índice de similitud de Jaccard, para medir el grado de similitud en los diferentes hábitats muestreados, ya que relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Moreno, 2001). Todos estos índices fueron calculados mediante el programa estadístico PAST (Paleontological statistics). Finalmente la eficiencia de muestreo fue corroborada a través de la evaluación de la riqueza, utilizando estimadores (ICE, $Chao_1$) que fueron calculados a través del programa EstimateS 8.2.0.

4. RESULTADOS

4.1. Diversidad de anuros en función del nivel de conservación (restaurada, conservada y degradada)

4.1.1. Abundancia

En la reserva “El Madrigal” se registraron 286 individuos de anuros, distribuidos de la siguiente manera: 151 en la zona conservada, 118 en la zona restaurada y 17 en la zona degradada (Tabla 7). Todos los individuos pertenecen a la familia Strabomantidae. La especie que registró mayor abundancia fue *Pristimantis* sp nov con un 45,10 %, encontrándose en lugares húmedos y donde aún no se ha alterado completamente el hábitat, mientras que *Pristimantis* sp.2 presentó 2 individuos en el área conservada siendo el menor número registrado. *Noblella heyeri* y *Noblella* sp registraron un solo individuo en la zona restaurada.

Tabla 7. Número de especímenes identificados en las tres zonas de muestreo, conservada, restaurada y degradada, de la reserva privada “El Madrigal”.

ESPECIE	Número de individuos			No. Individuos totales	Pi (%)
	Zona Conservada	Zona Restaurada	Zona Degradada		
<i>Pristimantis lymani</i>	18	13	8	39	13,64
<i>Pristimantis</i> cf <i>phoxocephalus</i>	44	8	0	52	18,18
<i>Pristimantis</i> sp nov	53	76	0	129	45,10
<i>Pristimantis orestes</i>	5	0	0	5	1,75
<i>Pristimantis cajamarcensis</i>	6	5	9	20	6,99
<i>Noblella heyeri</i>	0	1	0	1	0,35
<i>Pristimantis</i> sp1.	23	14	0	37	12,94
<i>Pristimantis</i> sp2.	2	0	0	2	0,70
<i>Noblella</i> aff. <i>heyeri</i>	0	1	0	1	0,35
TOTAL	151	118	17	286	100

En la figura 3, se evidencia el número de individuos que se registraron en las diferentes zonas. *Pristimantis lymani* y *P. cajamarcensis* se encontraron en las tres áreas de muestreo, aunque en abundancias bajas, mientras que *Pristimantis* cf *phoxocephalus* y *Pristimantis* sp.1 se registraron solo en la zona conservada y restaurada. Por otra parte, *P.*

orestes y *Pristimantis* sp.2, se registraron únicamente en la zona conservada y en abundancias bajas. De *Noblella heyeri* y *Noblella* aff. *heyeri*, solo se encontró un individuo de cada una en la zona restaurada.

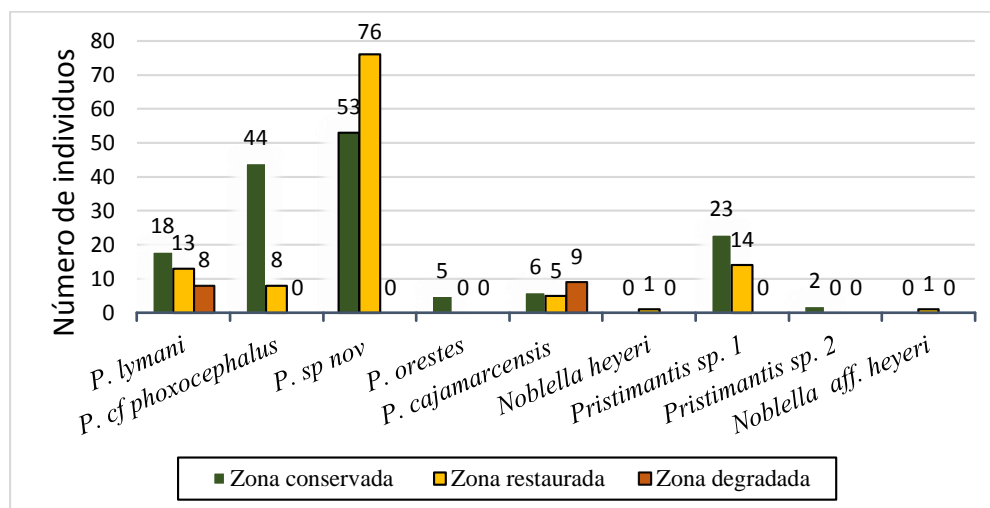


Figura 3. Número de individuos registrados en la zona conservada, restaurada y degradada.

EL mayor número de individuos encontrados está en la zona conservada, el área restaurada a pesar de no tener bosque endémico alberga gran cantidad de individuos anuros y la zona degradada por la estructura de hábitat que presenta esta zona se evidenció pocos de individuos.

4.1.2. Riqueza de especies

Se registraron 9 especies anuras en las zonas de muestreo. Según los estimadores de riqueza $chao_1$ e ICE, la zona conservada y restaurada presentaron una riqueza de 7 especies en cada una, a diferencia de la zona degradada que mostro 2 especies. Además en lo que respecta al esfuerzo de muestreo $Chao_1$ e ICE, dieron como resultado 100 % y 93 % respectivamente en la zona conservada. La zona restaurada para $Chao_1$ dio 88 % e ICE 76 %; y en el área degradada dio como resultado un porcentaje de 100 % debido a que en esta área solo se registraron 2 especies.

En la curva acumulativa se evidencia que en el primer día de muestreo de la zona restaurada se encontró una mayor cantidad de especies en relación con las otras zonas, seguida de la zona conservada. Sin embrago, en el día 12 de muestreo, las dos zonas tuvieron

el mismo número de especies registradas, a diferencia de la zona degradada, cuyo número de especies fue bajo desde el primer día de muestreo y este mismo número de especies se mantuvo a lo largo de todo el período de muestreo, como se puede observar en la figura 4.

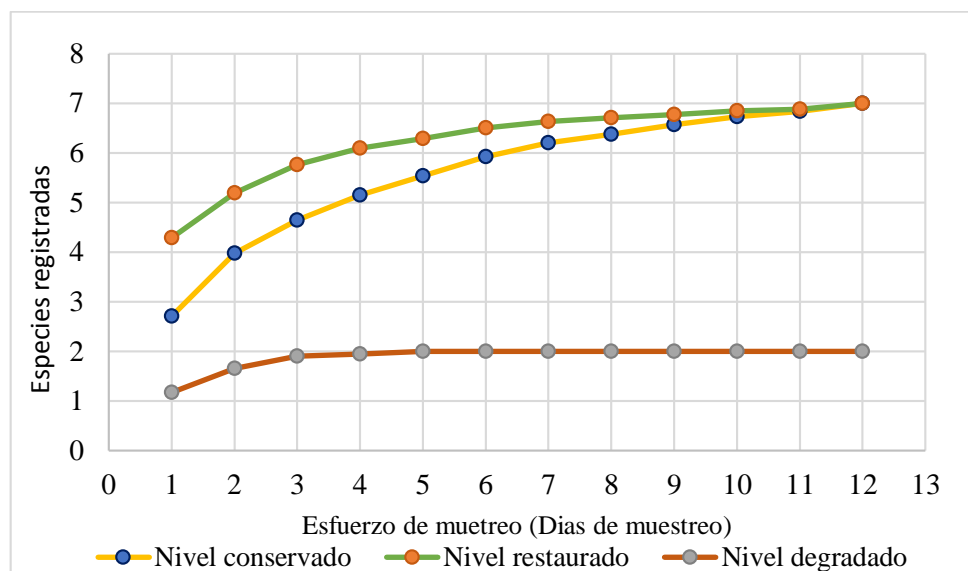


Figura 4. Curvas acumulativas basadas en el número de especies observadas durante los días de muestreo en la reserva privada “El Madrigal”.

4.1.3. Diversidad

En la Tabla 8 se muestra la diversidad anura que existe en cada zona de conservación, donde según el índice de diversidad de Shannon-Wiener existe una mediana diversidad en la zona conservada, mientras que las zonas restaurada y degradada indican una baja diversidad. La mayor dominancia, según el índice de Simpson, está dada en la zona conservada seguida de la zona restaurada y degradada.

Tabla 8. Diversidad anura en los sitios de estudio según los índices Simpson (D) y Shannon Wiener (H).

Zonas	Abundancia	Pi (%)	Índice Simpson (D)	Índice de Shannon Wiener (H)
Conservada	151	52,8	0,75	1,57
Restaurada	118	41,26	0,55	1,18
Degradada	17	5,94	0,50	0,69

Los valores calculados por el índice de similitud de Jaccard (Tabla 9) indican que las zonas conservada y restaurada son medianamente similares, por lo que sugiere que el número

de especies que existente es semejante en los dos lugares. Sin embargo, las zonas restaurada y degradada o conservada y degradada son áreas disimiles, debido a la escasa vegetación y gran alteración de la zona degradada lo que produce que haya un bajo número de especies anuras compartidas.

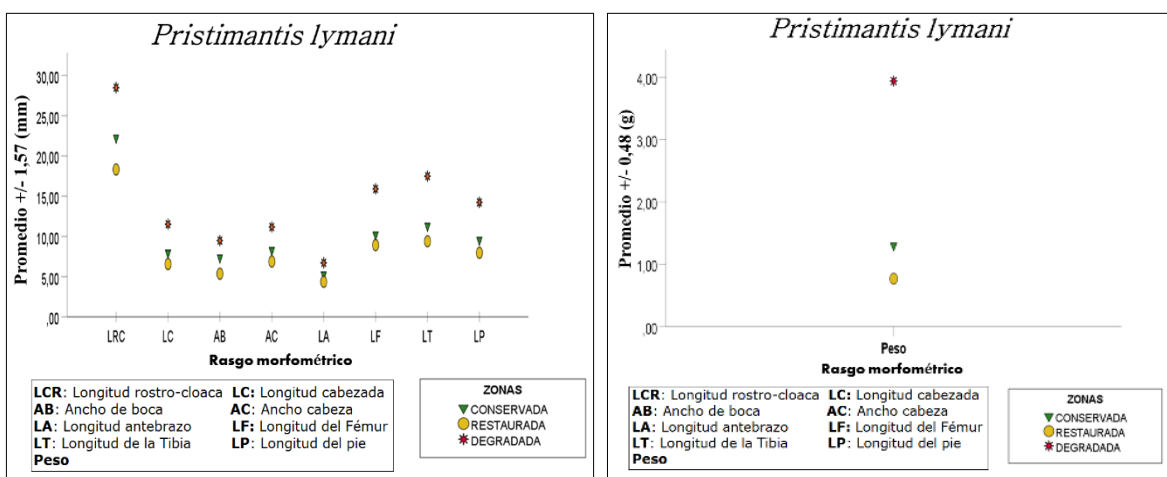
Tabla 9. Valores de similitud del Índice de Jaccard para las diferentes zonas de estudio.

ZONAS	Conservada	Restaurada	Degradada
Conservada	-	0,56	0,29
Restaurada	0,56	-	0,29
Degradada	0,29	0,29	-

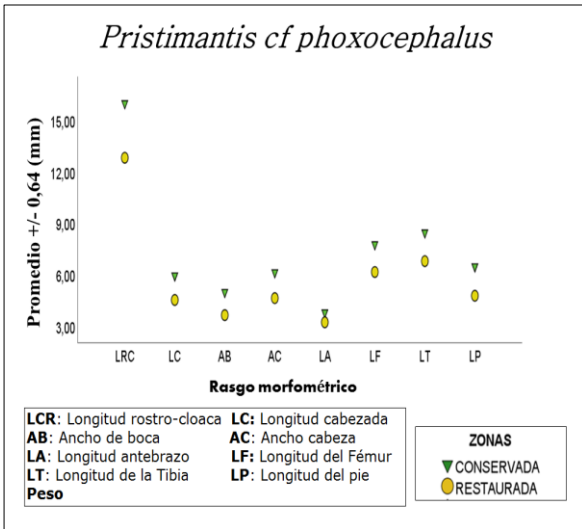
4.2. Variabilidad morfométrica de anuros y especies indicadoras para el monitoreo de restauración ecológica

4.2.1. Variabilidad morfométrica

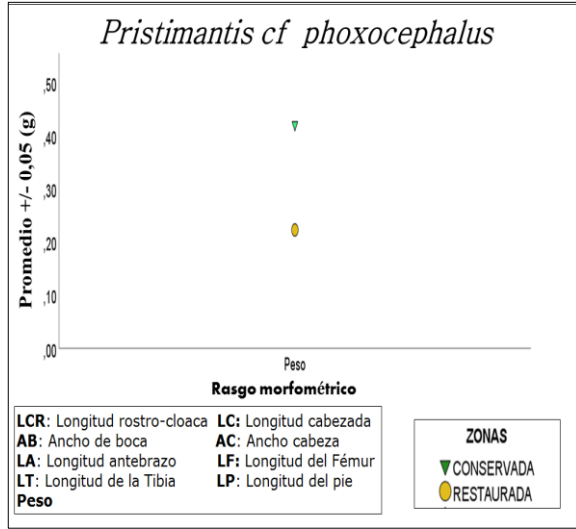
La figura 5 a-j indica la variabilidad morfométrica que existe dentro de las especies registradas en cada nivel de conservación. *Pristimantis lymani* en el nivel degradado presentó mayor tamaño morfométrico, frente a las especies que se registraron en el nivel conservado y restaurado. *Pristimantis cajamarcensis* presentó poca variabilidad morfométrica en las tres áreas de muestreo. El género *Pristimantis* que solo se encontró en las zonas conservada y restaurada mantienen similaridad en su morfometría a excepción la especie *Pristimantis cf phoxocephalus* que mostró un mayor tamaño en la zona conservada.



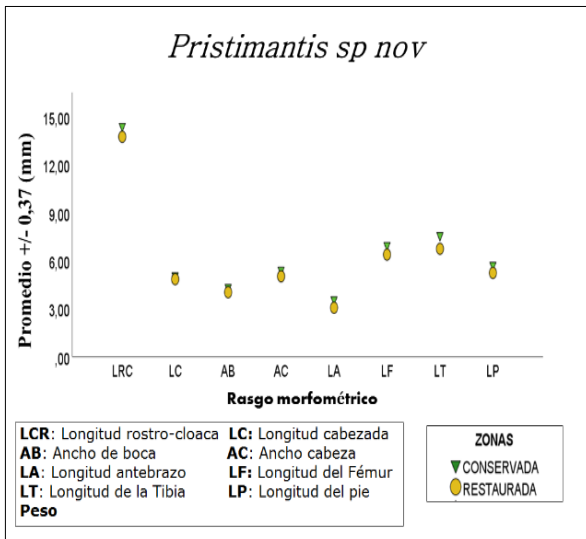
(Continuación)



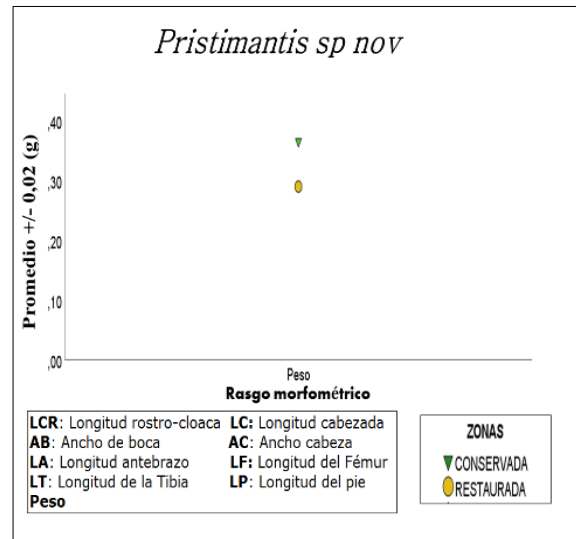
5 (c)



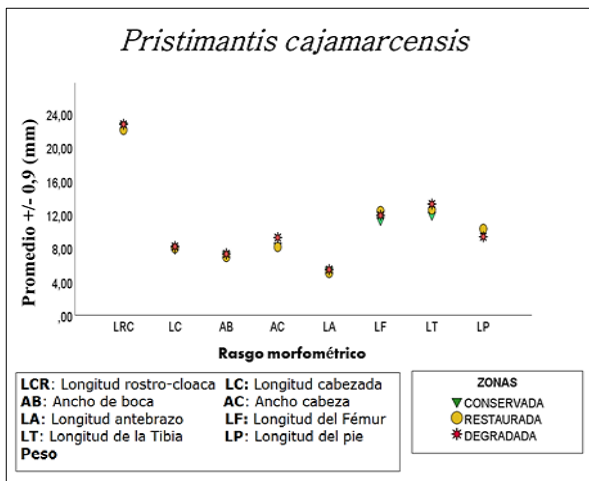
5 (d)



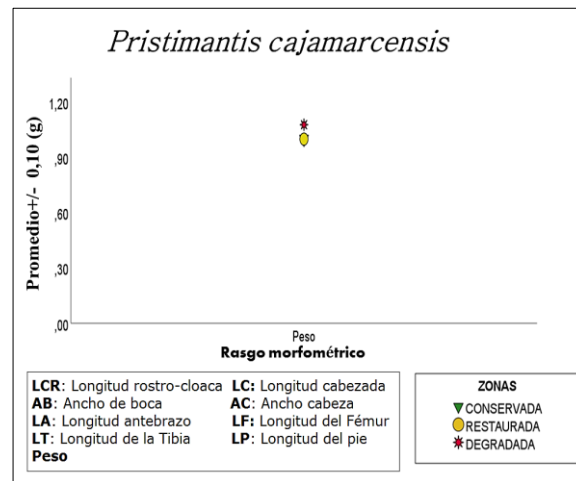
5 (e)



5 (f)



5 (g)



5 (h)

(Continuación)

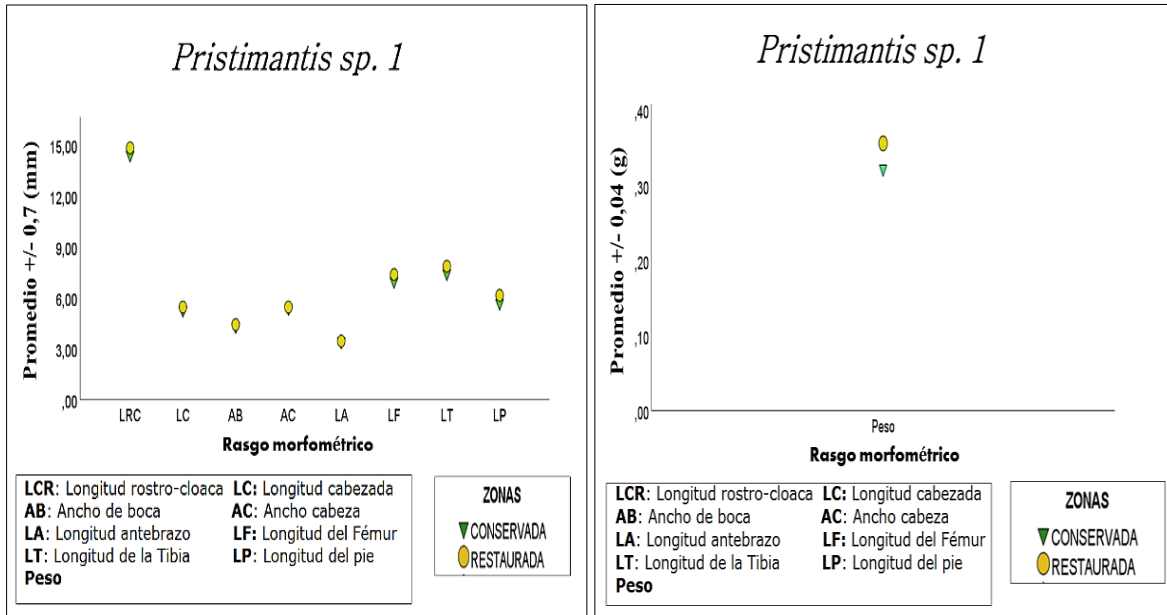


Figura 5 a-j. Dispersión de puntos del tamaño promedio de las especies representativas de la reserva “El Madrigal”: *Pristimantis lymani* (a) (b), *Pristimantis cf phoxocephalus* (c) (d), *Pristimantis sp nov* (e) (f), *Pristimantis cajamarcensis* (g) (h), *Pristimantis sp.1* (i) (j).

4.2.2. Especie indicadora para el monitoreo de restauración ecológica

De las nueve especies registradas, se seleccionó a la que tenía mayor puntuación y cumplía con la mayoría de los criterios establecidos por Villarreal et al. (2006). Esta fue *Pristimantis cf phoxocephalus* con un 90 % de criterios favorables, lo que la convierte en una buena especie indicadora. En la Tabla 10 se observan los porcentajes totales de cada especie para ser consideradas como bioindicadoras.

Tabla 10. Calificación para determinar la especie indicadora de las zonas de estudio.

ESPECIES	CRITERIOS						
	Taxonomía bien conocida y estable	Historia natural bien conocida	Taxones superiores con distribución en un amplio rango geográfico	Abundantes y de fácil observación y manipulación	Taxones inferiores (especies y subespecies) con especificidad de hábitat y sensibles a cambios	TOTAL	%
<i>Pristimantis lymani</i>	2	2	2	2	0	8	80
<i>Pristimantis cf phoxocephalus</i>	2	2	2	2	1	9	90
<i>Pristimantis sp nov</i>	1	1	1	2	2	7	70
<i>Pristimantis Orestes</i>	1	2	1	0	2	6	60
<i>Pristimantis cajamarcensis</i>	2	2	2	1	0	7	70
<i>Noblella heyeri</i>	1	2	0	0	2	5	50
<i>Pristimantis sp 1</i>	1	1	0	0	1	3	30
<i>Pristimantis sp 2</i>	1	1	0	0	1	3	30
<i>Noblella sp</i>	1	2	0	0	2	5	50

A continuación, se describen algunas características de la especie que se propone como indicadora, *Pristimantis cf phoxocephalus*, ya que cumplió con la mayoría de criterios, alcanzando un porcentaje de 90 % (Figura 6).

Pristimantis cf phoxocephalus

Orden: Anura **familia:** Strabomantidae

Identificación

Machos: Longitud Rostro-Cloaca

Promedio: 27,2 mm

Hembras: Longitud Rostro-cloaca

Promedio: 35,1 mm (Székely et al., 2016).

Estado de conservación

Lista Roja de Especies Amenazadas

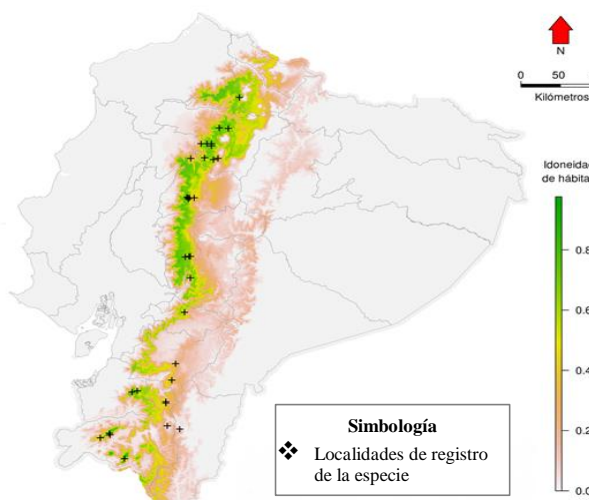
UICN: Vulnerable



Fuente: fotografía de (Webster, 2016)

Estructuralmente esta especie es única en la región por tener una quilla vertical hocico, lo que le da la apariencia de tener la cabeza puntiaguda y la hace difícil de distinguir en varios especímenes. Habita en subpáramos y bosque húmedo montano alto (Székely et al., 2016)

Distribución potencial de *Pristimantis cf phoxocephalus*



Se distribuye en las estribaciones del Pacífico de la Cordillera Occidental y en la meseta de Los Andes del sur del Ecuador. En Perú se ubica en las estribaciones noroccidentales de la Cordillera de Huancabamba en la Provincia de Piura y en San Andrés de Cuervo (a 1800 m s.n.m.) y en la parte norte de la Cordillera Occidental en la Provincia de Cajamarca (Székely et al., 2016).

Fuente: Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Bioweb, 2019.

Figura 6. Ficha técnica de la especie propuesta como indicadora para el monitoreo de la restauración ecológica en los tres niveles de conservación de la Reserva “El Madrigal”.

4.3. Analizar la relación entre la diversidad de anuros y los niveles de conservación.

El análisis de la prueba de Kruskal Wallis mostró diferencias significativas ($p=0,047$) entre la riqueza de especies y los diferentes niveles de conservación (Tabla 11), debido a que cada zona posee diferente tipo y estructura de vegetación favoreciendo el desarrollo y adaptación de ciertas especies de anuros en cada zona. Los niveles analizados (conservado,

restaurado y degradado) presentaron diferencias significativas entre sí, puesto que, en el área degradada se registró dos especies mientras que en las otras zonas (restaurada y conservada) se evidenciaron nueve especies.

Tabla 11. Valor del estadístico Kruskal-Wallis y valores de significancia de los niveles de conservación.

ZONAS	Valor significancia	K-WALLIS
Conservada-Restaurada	0,830	
Conservada-Degradada	0,003	0047
Restaurada-Degradada	0,096	

En la figura 7 se representa la información de las especies registradas en las diferentes zonas estudiadas (conservada, restaurada y degradada). Además, se observa que el número de especies encontradas varía según la zona de muestreo.

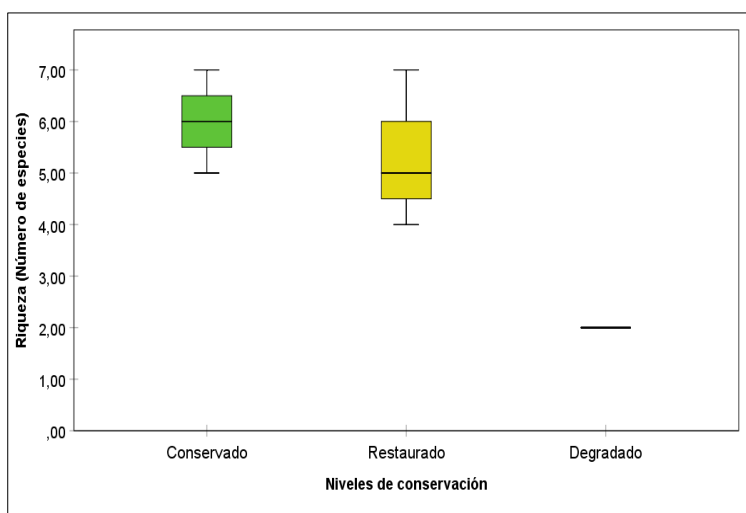


Figura 7. Diagrama de caja y bigote para la riqueza observada en las zonas conservada, restaurada y degradada.

La figura 7 muestra que tanto la zona restaurada como la conservada, tiene un comportamiento semejante a riqueza de especies, debido a que estas dos áreas mantienen similitud en cuanto a la estructura de hábitat, sin embargo, la zona degradada presenta únicamente dos especies, esto por las condiciones del entorno el cual se encuentra en estado de restauración, debido a la destrucción del ambiente.

5. DISCUSIÓN

La mayor diversidad de anfibios se encuentra en las regiones montañosas de Los Andes, donde la familia Strabomatidae, del género *Pristimantis* es la que presenta mayor abundancia en los ecosistemas de pie montano hasta los páramos (Yáñez-Muñoz, 2005). Además los anfibios son valiosos indicadores de la salud ambiental, por ser sensibles a cambios o perturbaciones acuáticas, terrestres y atmosféricas (Yáñez et al., 2009). En este contexto radica la importancia de realizar esta investigación considerando a los anuros como indicadores de restauración ecológica en áreas perturbadas.

En la zona de estudio “El Madrigal”, durante 36 días, mediante el método de encuentro visual, se identificaron 9 especies de anfibios pertenecientes a la familia Strabomantidae del género *Pristimantis*, en cambio, en el estudio realizado por Mora (2017) en la misma reserva en 12 días muestreados, registró 7 especies (cinco pertenecientes a la familia Craugastoridae y dos a la familia Hemiphractida), probablemente esto se debe a que se utilizó bandas auditivas como métodos complementarios en la identificación de anuros; sin embargo el hecho de encontrar un menor número de especies puede darse por el diferente esfuerzo de muestreo, el tiempo y el área muestreada, produciendo una heterogeneidad en la detección de especies (Salinas y Veintimilla, 2010). Las especies anuras registradas en las diferentes áreas de estudio, supuestamente eligieron hábitats similares, ya que el mayor número de individuos encontrados estuvieron posados en las hojas de plantas con altura inferior a un metro, corroborando que las especies anuras tienen como “preferencia” la estructura del hábitat y no una especie de vegetación en particular (Sarango, 2013).

En lo referente a la riqueza, los niveles conservado y restaurado no presentan diferencias significativas en cuanto al número de especies, esto puede darse por la composición y estructura de los hábitats de cada sitio, puesto que la riqueza y abundancia están relacionadas significativamente por la presencia o ausencia de especies vegetales (Vega, 2015). En este sentido estos dos niveles comparten vegetación semejante conformada por árboles, arbustos y hierbas, además de mantener una diferencia altitudinal mínima entre las zonas evaluadas. La riqueza en el área degradada presentó diferencia en comparación con los otros dos niveles, registrando solo dos especies, esto por el microhábitat intervenido, lo que influye en la adaptación de los anuros.

La diversidad de la herpetofauna en cada una de las zonas de investigación, indican que el nivel conservado presenta una mayor diversidad de especies anuras ($H=1,57$ y $D=0,75$), debido a que esta área posee especies nativas del lugar, como el Nogal (*Juglans regia* L), Cedro (*Cedrela odorata* L), Joyapas (*Macleania rupestris* K), Arrayán (*Luma apiculata* B) y Cascarilla (*Cinchona officinalis* L), entre otras (Piedra, 2015), proporcionando hojarasca y briofitos en el suelo, los que ayudan a retener agua y a mantener una alta humedad en las zonas del bosque, propiciando los requerimientos de nicho de las especies anuras (García, Castro, y Cárdenas 2005). El índice de diversidad de Shannon en la zona conservada muestra una diversidad mediana en equitatividad, en cambio, la zona restaurada y degradada tienen una baja diversidad, siendo estas áreas bosque secundario e intervenido por lo que la falta de sustrato vegetal, la incidencia directa del sol sobre el suelo y la baja humedad microambiental, están directamente relacionado con la ausencia de especies anuras (García, Castro, y Cárdenas 2005). Por otro lado, el Índice de Simpson resultó en una dominancia media en las tres zonas de investigación. Estos resultados mostraron relación con el estudio de Mora (2017) el cual encontró una diversidad y dominancia media en los transectos investigados. Estos resultados demuestran que las especies anuras no están distribuidas de manera equilibrada en cuanto a la abundancia entre todas las especies, si no agrupada en pocas especies.

En cuanto al Índice de Jaccard, las áreas conservada y restaurada son medianamente similares, es decir comparten especies en común debido a características estructurales vegetales semejantes, manteniendo una capa de hojarasca que proporciona humedad, permitiendo el establecimiento y desarrollo de las especies, lo que influye positivamente en la diversidad anura. La mayor cantidad de especies se encontraron en las zonas conservadas y restauradas, y tan solo dos en el área degradada, siendo el nivel degradado disímil a los otros dos niveles de conservación. Las únicas especies que mantienen en común estas tres zonas son *Pristimantis lymani* y *P. cajamarcensis*, especies adaptadas a microhábitats intervenidos con poca vegetación o hábitat de régimen seco subtropical (Páez-Rosales et al., 2017).

En lo referente a la variabilidad morfométrica el presente estudio demostró que *Pristimantis lymani* y *P. cajamarcensis* presentaron diferencias morfométricas, siendo

marcadamente de mayor tamaño en la zona degradada. La literatura señala que estas especies en zonas alteradas desarrollan mayor tamaño corporal, mientras que en selvas perennifolias son de tamaño más reducido (Urbina-Cardona y Reynoso 2005). *Pristimantis* cf *phoxocephalus* y *Pristimantis* sp *nov* presentan un mayor tamaño en la zona conservada, mientras *Pristimantis* sp.1 es mayor en la zona restaurada, variaciones morfológicas que pueden darse por los diferentes microhábitats, influyendo factores como la vegetación, humedad, temperatura y disponibilidad de la dieta, en el crecimiento, distribución y adaptabilidad de especies en los diferentes niveles de conservación. Así lo confirma Corral (2013) encontrando diferencias morfométricas en *Dendropsophus columbianus*, cuyos individuos presentaron una diferente morfología en bosques, respecto a las coberturas antropogénicas. Adicionalmente, existe una relación directa con las precipitaciones, ya que en época lluviosa se evidencia un mayor tamaño de los individuos, mientras que en época seca se registra un menor tamaño (Baraquet, Grenat, Salas, y Martino, 2012). Sin embargo, Delgado-Acevedo y Restrepo (2008) mantienen diferente opinión mencionando que el tamaño corporal de los anuros puede ser menor en áreas disturbadas, por la restricción en la disponibilidad o la calidad de la dieta, reflejada en individuos más pequeños.

Si se compara la eficiencia de las mediciones morfométricas bajo diferentes condiciones se reporta que existen diferencias significativas dependiendo si las medidas son tomadas sobre organismos vivos o preservados (Bernal y Clavijo, 2009). *Pristimantis lymani* mostro diferencias significativas en el peso registrado en la zona restaurada y degradada, mientras que el ancho de la boca (AB) en *P. cf phoxocephalus* de la zona conservada y restaurada también mostro diferencias significativas. Así mismo, las medidas de longitud del fémur (LF) de *Pristimantis* sp *nov* entre los niveles conservado y restaurado, pudiera estar dado por las características propias del sexo o estadio del individuo (Avellaneda, 2016). Este hecho es ratificado por Grenat, Salas y Martino, (2012) en *Odontophrynus cordobae* y *O. americanus* donde se obtuvo que las hembras exhibieron cabezas más anchas y extremidades anteriores y posteriores significativamente más largas que las de los machos.

Pristimantis cf *phoxocephalus* fue considerada como un buen indicador biológico ya que cumple con la mayoría de los criterios de evaluación preestablecidos. Estos individuos por su facilidad para ser identificados y monitoreados son considerados como un buen

indicador de la restauración ecológica, encontrándose en sitios donde la vegetación ha sido restituida. Estructuralmente esta especie es única en la región por tener una quilla vertical en el hocico y reticulaciones oscuras en la ingle y en la superficie posterior de los muslos (Frankel et al., 2018).

Una sola especie no debe considerarse como un buen bioindicador, ya que no siempre funciona de manera directa, por lo que pueden responder de manera distinta a los diferentes cambios en los ambientes (Molina et al., 2006; y Salinas y Veintimilla, 2010). Por ello se recomienda a *Pristimantis lymani*, como bioindicador complementario de *Pristimantis cf phoxocephalus* ya que es la segunda especie en cumplir con la mayoría de los parámetros analizados. Sin embargo, hay que tener presente que esta especie por estar adaptada a ecosistemas alterados no la hace sensible a cambios de hábitat por lo que dificultaría su análisis como indicador biológico.

Finalmente, el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre la riqueza de especies y los niveles de conservación, tal es el caso de las zonas conservada y degradada que mostraron mayor diferencia significativa, encontrando nueve especies en el nivel conservado y dos en el nivel degradado, evidenciando que el sustrato vegetal sólido, que existe en el nivel conservado beneficia al desarrollo y adaptación de los anuros, a diferencia del nivel degradado, donde la poca vegetación y la baja disponibilidad de recursos que existe en esta área, debido a un incendio forestal que consumió 60ha de la Reserva El Madrigal y parte del Parque Nacional Podocarpus (Baker, 2017), dificultan el desarrollo y adaptación de especies en esta área. La zona conservada y restaurada no presentaron diferencias significativas, lo que puede deberse a la similar vegetación entre estas áreas, y la diferencia altitudinal mínima entre ellas, proporcionando una estabilidad del entorno. Así lo confirma Camero y Chamorro (1999) y Veintimilla y Salinas (2010), quienes señalan que las características similares en los hábitats, y la poca diferencia altitudinal mantienen diversidad similar.

6. CONCLUSIONES

- Estadísticamente, se encontró relación entre anuros y la degradación de los hábitats, por lo tanto la estructura vegetal influye en el establecimiento de anfibios dentro de los hábitats, mostrando dependencia entre la riqueza de anfibios y los ecosistemas con mayor vegetación, además las características que presenta cada área diversifica la comunidad de anuros.
- Las especies comunes *Pristimantis lymani* y *P. cajamarcensis*, ocuparon fácilmente el bosque intervenido o natural pero las especies raras o poco abundantes sólo se encontraron en la zona conservada y restaurada donde la vegetación es más densa.
- La variabilidad en la morfometría que presentaron los anuros no se debe únicamente a la estructura del hábitat que existe en las diferentes zonas de conservación, sino porque podría estar dependiendo del sexo o estadio de los individuos.
- *Pristimantis cf phoxocephalus* se consideró como indicadora de restauración ecológica, por ser sensible a los diferentes cambios en el ecosistemas, junto con esta se podría considerar a *Pristimantis lymani* como una segunda especie indicadora; sin embargo, se tendría que tomar en cuenta que esta especie se encuentra tanto en sitios conservados como alterados.

7. RECOMENDACIONES

- Es importante continuar con una segunda fase de monitoreo en las zonas en restauración y verificar si la diversidad anura se mantiene o aumenta, además, es importante evaluar otros factores ambientales (precipitación y temperatura) ya que puedan influir en la distribución y abundancia de especies.
- En necesario que los individuos sin identificar, pasen por un proceso de clasificación taxonómica para corroborar si se trata de una nueva especie para la ciencia.
- Sería importante realizar monitoreos con otras especies tanto de flora como de fauna, y conocer la distribución de dichas especies en las diferentes zonas que existen dentro de la reserva.
- En estudios posteriores sería importante tomar en cuenta el empleo de técnicas complementarias, a fin de obtener un mayor registro de anuros, ampliando información del avance de restauración ecológica en la reserva “El madrigal”.
- Realizar muestreos en las épocas seca y lluviosa, con el fin de conocer la diversidad de especies anuras en función de las condiciones climáticas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, G. I., y Castro, L. G. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia Invitación a una interpretación socioecológica. *Ambiente Y Desarrollo*, 16(30), 53–54.
- Aguirre, M. (2006). Los Sistemas de Indicadores Ambientales y su Papel en la Información e Integración del Medio Ambiente.
- Avellaneda, M. (2016) Ranas de lluvia en un Bosque Altoandino: partición de recursos entre cuatro especies y estado de conocimiento de *Pristimantis renjiforum*. Universidad de la Salle. Bogotá D.C.
- Baraquet, M., Grenat, P.R., Salas, N.E., y Martino, A. L. (2012). Variación morfométrica y geográfica entre poblaciones de *Hypsiboas cordobae* (Anura: *Hylidae*) en Argentina. *Revista de Biología Tropical*.
- Baker, Sy. (2017) "Investigación de regeneración natural de plantas vasculares en la Reserva Madrigal del Podocarpus / Investigation of natural regeneration of vascular plants in the Madrigal Reserve of the Podocarpus" *Independent Study Project (ISP) Collection*. 2557.
- Bernal, M.H. y J.A. Clavijo. (2009). An essay on precision in morphometric measurements in anurans: interindividual, intra-individual and temporal comparisons. *Zootaxa* 2246: 32-44.
- Berlanga, V., y Rubio, M. J. (2012). Artículo metodológico Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas. *Revista d'Innovació I Recerca En Educació*, 5, 101–113.
- Bolaños, F., Castro, F., Cortez, C., De la Riva, I., Grant, T., Hedges, S. B., Young, B. (2008). Amphibians of the Neotropical realm. *Threatened Amphibians of the World*, (January), 92–99.
- Bustamante, R., Ron, S. R., & Coloma, L. A. (2005). *Cambios en la Diversidad en Siete*

Comunidades de Anuros en los Andes de Ecuador 1. 37(2), 180–189.

Bravo, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador* (E. U. Abya- Yala, Ed.). Cuenca-Ecuador.

Camero, R.E. y C. Chamorro. (1999). La fauna edáfica en bosques y plantaciones de coníferas de la estación San Lorenzo-Sierra Nevada de Santa Marta. Colombia.

Carrilo, L., Pavajeau, L. (2008) Guía delos anfibios global; arca de los anfibios. WAZA – *Amphibians*. Bogotá Colombia.

Cerezo, J. (2015). *Degradación de ecosistemas y técnicas de restauración Universidad politécnica de Cartagena*. Colombia.

Corral, J. (2013). Diversidad funcional y redes tróficas de anfibios que habitan bosques y sistemas productivos en el eje cafetero colombiano. Bogotá – Colombia.

Crump, L y Scott, N. (1994) Visual Encounter Surveys: Standard Techniques for Inventory and Monitoring. In: W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek, y M.S. Foster. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*.

Delgado-Acevedo, J. y C. Restrepo. (2008). La contribución de la pérdida de hábitat a los cambios en el tamaño corporal, la alometría y la asimetría bilateral en dos *Eleutherodactylus*/ The contribution of habitat loss to changes in body size, allometry, and bilateral asymmetry in two *Eleutherodactylus*. Puerto Rico. 22: 773-782.

Dudley N, (2008). Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas.

Echegaray, J., y Hernando, A. (2000). Amenazas de los anfibios. *Biodiversidad*, 50–52.

Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M., y Montenegro, G. (2015). Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales.

- Frenkel, C., Guayasamín, J. M., Yáñez-Muñoz, M. H., Varela-Jaramillo, A. y Ron, S. R. (2018). Anfibios del Ecuador. Museo de Zoología. Universidad Católica del Ecuador.
- Grenat, P. R., Salas, N. E., y Martino, A. L. (2012). Variación morfométrica intra e interespecífica entre poblaciones de *Odontophrynus* (Anura: *Cycloramphidae*) del área central de Argentina. *Revista de Biología Tropical*.
- Herrera, C., y Carse, L. (2000). Guía de aplicación de pruebas estadísticas en el Programa Systat 7.0 para Ciencias Biológicas y Forestal. Bolivia: *Tropical Research and Development y Wildlife Conservation Society*.
- Jiménez-Sierra, C. L., B, T., y Corcuera, P. (2010). Biodiversidad, Una Alerta, 9–16.
- Lips, K. R., y Reaser, J. K. (1999). El Monitoreo de Anfibios en América Latina. *The Nature Conservancy*, 42.
- Magurran, A. (1989). Diversidad, Ecología y su Medición. Vedral. España
- Martínez, M. G. (2015). Unidad II Ecosistemas. Ministerio de Cultura Y Educación. Universidad Nacional de San Luis. 1–15.
- Mazón, M., Maita, J. y Aguirre, N. (2017). Restauración del paisaje en Latinoamérica: experiencias y perspectivas futuras. Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje. (M. Mazón, J. Maita, y N. Aguirre, Eds.) (Universidad). Loja.
- Mena, P. (2014). La biodiversidad en el Ecuador. Cuenca-Ecuador. (E. U. Abya- Yala, Ed.).
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2008). *Revisión del Avance y Situación Actual del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador (PANE)*. Quito.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2015). *Conservación de la Biodiversidad de Anfibios Ecuatorianos y Uso Sostenible de sus Recursos Genéticos*. Ecuador.

- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2016). *Áreas Protegidas del Ecuador, socio estratégico para el desarrollo. 1–20.*
- Moreno, C.N. (2001). Métodos para medir la Biodiversidad. Zaragoza, España., M y T – Manuales y Tesis SEA.
- Morales, C. (2012). Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático. Mecanismo Mundial de la CNUCLD y CEPAL. Santiago de Chile, Naciones Unidas.
- Molina, C., Acosta, A., Mueses-Cisneros, J. J., Arroyo, S. (2006). Monitoreo de Anfibios. En: Angulo A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez Mahecha y E. La Marca (Eds). 2006. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N° 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C.
- Mora, G. (2017). Composición de la comunidad de anfibios y ocupación de hábitat en la reserva “El Madrigal” de la ciudad de Loja. Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Murcia, C., y Guariguata, M. (2014). *La restauración ecológica en Colombia. Tendencias, necesidades y oportunidades.*
- McDonald, J. (2008). Handbook of Biological Statistics. Sokal y Rohlf (1981), 41–58.
- Parra, G., Flores, O., Mendoza, C. (2014). Biodiversidad de Anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.*
- Páez-Rosales, N. (2017). Anfibios del Ecuador. Ron, S. R., Merino-Viteri, A. Ortiz, D. A. (Eds). Versión 2018. Museo de Zoología, Universidad Católica del Ecuador.
- Piedra, G. B. (2015). Patrones de diversidad de hormigas en el bosque nublado de la reserva Arcoíris y la reserva El Madrigal Ecuador. *Bosques Latitud Cero.* 6. 16-31.
- Quiquango-Ubillús, A. (2015). Anfibios de Ecuador. Fundación Otonga. Quito, Ecuador.

- Quiroga, R. (2007). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. Publicación de las Naciones Unidas. Santiago de Chile.
- Ríos, O. V. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biológica colombiana*, 16(2), 221-246.
- Rice, K. G., Mazzotti, F. J., y Waddle, J. H. (2016). *Uso de Anfibios como Indicadores del Éxito de la Escala Local, Especie Individual*. 1–5.
- Ron, S. R., Yanez-Muñoz, M. H., Merino-Viteri, A. Ortiz, D. A. y Nicolalde, D. A. (2016). Amphibia Web Ecuador. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Salinas, K. A., y Veintimilla Yáñez, D. A. (2010). Patrones de diversidad de anuros en el ecosistema Páramo del Parque Nacional Podocarpus (*Bachelor's thesis*).
- Sarango, C. (2013). *Composición y Estructura de Anfibios, en el Bosque Nublado San Francisco, Zamora Chinchipe, Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 84pp
- Sanchún, A., Botero, R., Morera-Beita, A., Obando, G., Russo, R., Scholz, C. y Spinola, M. (2016). Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas Serie Técnica: Gobernanza Forestal y Economía. Número 3. *Gobernanza Forestal Y Economía*, (1), 452.
- Salgado, B. (2016). La Ecología Funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: *Protocolos y Aplicaciones*. Bogotá, Colombia.
- Siavichay, F., Maldonado, G., Mejía, D., Webster, J.F., Torres, N., Costa, K. (2016). Plan de Manejo para la Conservación de los Anfibios Urbanos de Cuenca. Municipalidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador.
- Székely, P., Cogalniceanu, D., Székely, D., Paez, N., Ron, S. R. (2016). A new species of *Pristimantis* from southern Ecuador (Anura, Craugastoridae). *ZooKeys* 606: 77–97.

- Tellería, J. L. (2013). Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies. *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat. 2oép.*, 10(July), 13–25.
- Triannual, C., y Delhi, N. (2008). Terminología para definir la conservación del patrimonio cultural tangible, 1, 22–23.
- Unión Mundial para la Naturaleza. (2000). Áreas Protegidas: Beneficios más allá de las fronteras, 1–19.
- Urbina-Cardona, J. N. y Reynoso, V. H. (2005). Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde interior en los tuxtlas, Veracruz, México. Pp. 191–208 in Halffter, G., Soberón, J., Melic, A. y Koleff, P. (eds.). *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. Monografías Tercer Milenio, Zaragoza, España.
- Vargas, O. (2007). *Restauración ecológica*. (G. de R. Ecológica, Ed.) (PRIMERA ED). Colombia.
- Vargas, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y conservación Ecological Restoration : Biodiversity and Conservation. *Acta Biológica Colombiana*, 16, 221–246.
- Valencia, J., Betancourt, R., y Barahona, A. (2008). Guía de campo de anfibios del Ecuador. Quito: Fundación Herpetológica Gustavo Orcés.
- Valencia, J. H., y Garzón, K. (2011). *Anfibios y Reptiles.*, Quito-Ecuador. Eduardo Toral-Contreras Danilo.
- Vega, H. (2015). Propuesta de monitoreo de la calidad ambiental de la microcuenca Guayzimi, Cantón Nangaritza, a través de indicadores faunísticos. Zamora-Ecuador
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Umaña, A. M. (2006). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. *Manual de Métodos Para El Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad*, 187–225.

- Wieckowski, P. K. (2003). *Guía de anfibios*. 1–66.
- Yáñez-Muñoz, M. H. (2005). *Diversidad y estructura de once comunidades de anfibios y reptiles en los Andes del Ecuador*. Universidad Central del Ecuador. (January), 152
- Yáñez, M. (2005). Métodos estandarizados para el muestreo de anfibios y reptiles. *Museo ecuatoriano de Ciencias Naturales*, 11
- Yáñez, M., Meza, P., Martínez, C., y Reyes, M. (2009). *Anfibios y reptiles del sur occidente de Ecuador*. Quito: Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales.
- Young, B.E.; Stuar, S.N.; Chanson, J.S.; Cox, N.A.; Boucher, T.M. (2004). *Disappearing Jewels: The Status of New World Amphibians*. Nature Serve, Conservation International y UICN. Arlington, Virginia.
- Zhiñin, H. (2017). *Identificación de áreas prioritarias para la restauración ecológica y sitios de referencia en la región sur del ecuador*. Universidad nacional de Loja. Loja, Ecuador. 128pp

9. ANEXOS

Anexo 1. Plantilla para la toma de datos (rasgos morfométricos) de anuros en la reserva privada “El Madrigal”.

COLECTA DE ANUROS			
Localidad: _____		Clima:	Hábitat:
Localización: _____		<input type="checkbox"/> Nublado	<input type="checkbox"/> Primario
No. de transecto: _____		<input type="checkbox"/> Parcialm. nublado	<input type="checkbox"/> Secundario
Distancia a la fuente de agua: _____		<input type="checkbox"/> Despejado	<input type="checkbox"/> Alterado
Cod. del espécimen: _____		<input type="checkbox"/> Llovizna	<input type="checkbox"/> Cultivo
Fecha: _____			<input type="checkbox"/> Ecotono
Hora de colecta: _____	Ubicación	Sustrato:	Microhábitat:
	Latitud (UTM): _____	<input type="checkbox"/> Hojarasca	<input type="checkbox"/> Río
Medidas	Longitud (UTM): _____	<input type="checkbox"/> Hoja	<input type="checkbox"/> Arroyo
LRC (mm): _____	Altitud (m): _____	<input type="checkbox"/> Rama	<input type="checkbox"/> Riachuelo
LC (mm): _____		<input type="checkbox"/> Tronco vivo	<input type="checkbox"/> Lago
AB (mm): _____	Síntomas aparentes	<input type="checkbox"/> Tronco muerto	<input type="checkbox"/> Laguna
AC (mm): _____	<input type="checkbox"/> Letargia	<input type="checkbox"/> Suelo	<input type="checkbox"/> Estanque
LA (mm): _____	<input type="checkbox"/> Postura	<input type="checkbox"/> Arena	<input type="checkbox"/> Estero
LF (mm): _____	<input type="checkbox"/> Hiperplasia	<input type="checkbox"/> Rocas	<input type="checkbox"/> Árbol
LT (mm): _____		Comportamiento:	<input type="checkbox"/> Arbusto
MP (mm): _____	Variables ambientales	<input type="checkbox"/> Posado	<input type="checkbox"/> Hierba
LP (mm): _____	Temperatura (°C): _____	<input type="checkbox"/> Moviéndose	<input type="checkbox"/> Helecho
Peso (g): _____	% de Humedad: _____	<input type="checkbox"/> Alimentándose	<input type="checkbox"/> Bromelia
No. de fotografía: _____		<input type="checkbox"/> Cantando	<input type="checkbox"/> Fosorial (cavidades)
		<input type="checkbox"/> En amplexus	<input type="checkbox"/> Carretera
		<input type="checkbox"/> Cazando	<input type="checkbox"/> Construcción
Notas:		Otro:	Forrajeo:
_____		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Activo
_____			<input type="checkbox"/> Pasivo

LRC: longitud rostro-cloaca, LC: longitud cabeza, AB: ancho boca, AC: ancho cabeza, LA: longitud antebrazo
LF: longitud fémur, LT: longitud tibia-fibula, MP: longitud membrana pedal, LP: longitud pie.

Anexo 2. Estadístico de la prueba de kolmogorov-Smirnov para los rasgos morfométricos de las especies registradas en las diferentes zonas de muestreo. En rojo se muestran los valores que presentaron diferencias significativas.

<i>Pristimantis lymani</i>		LRC	LC	AB	AC	LA	LF	LT	LP	PESO
	Z	1,104	1,104	1,162	1,104	1,104	0,951	1,01	1,104	1,256
Conservada-Restaurada	P	0,175	0,175	0,134	0,175	0,175	0,326	0,26	0,175	0,085
	Z	0,784	0,883	0,784	0,915	0,817	0,948	1,079	0,784	0,915
Conservada-Degradada	P	0,57	0,417	0,57	0,372	0,517	0,33	0,195	0,57	0,372
	Z	1,049	1,049	1,327	1,22	1,049	1,327	1,327	1,327	1,541
Restaurada-Degradada	P	0,222	0,222	0,059	0,102	0,222	0,059	0,059	0,059	0,017
<i>Pristimantis cf phoxocephalus</i>		LRC	LC	AB	AC	LA	LF	LT	LP	PESO
	Z	1,123	1,271	1,597	1,271	0,857	1,005	1,005	1,005	0,976
Conservada-Restaurada	P	0,16	0,079	0,012	0,079	0,454	0,264	0,264	0,264	0,297
<i>Pristimantis sp nov</i>		LRC	LC	AB	AC	LA	LF	LT	LP	PESO
	Z	0,556	0,524	0,791	1,088	1,333	1,407	1,237	1,196	0,909
Conservada-Restaurada	P	0,916	0,946	0,559	0,188	0,057	0,038	0,094	0,115	0,381
<i>Pristimantis cajamarcensis</i>		LRC	LC	AB	AC	LA	LF	LT	LP	PESO
	Z	0,55	0,826	0,55	0,55	0,55	0,771	0,495	0,495	0,495
Conservada-Restaurada	P	0,922	0,503	0,922	0,922	0,922	0,593	0,967	0,967	0,967
<i>Pristimantis sp. 1</i>		LRC	LC	AB	AC	LA	LF	LT	LP	PESO
	Z	0,705	0,531	0,623	0,788	0,623	0,715	0,495	0,577	0,531
Conservada-Restaurada	P	0,702	0,94	0,832	0,564	0,832	0,687	0,967	0,893	0,94

LRC: Longitud rostro-cloaca; **LC:** Longitud cabezada; **AB:** Ancho de boca; **AC:** Ancho cabeza; **LA:** Longitud antebrazo; **LF:** Longitud del Fémur; **LT:** Longitud de la Tibia; **LP:** Longitud del pie; **PESO.**

Anexo 3. Descripción de las especies encontradas en la reserva privada “El Madrigal”.

Pristimantis lymani



Orden: Anura

Familia: Strabomantidae,

Es una rana mediana de dorso café oliváceo a rojizo con marcas dorsales oscuras. Se encuentra en los valles semiáridos de los ríos Chinchipe y Huancabamba (Departamento de Cajamarca, Perú) y hacia el norte en los valles semiáridos de los ríos Catamayo y Zamora (Provincia de Loja, Ecuador) (Páez-Rosales et al., 2017).

Pristimantis cf phoxocephalus



Orden: Anura

Familia: Strabomantidae

Esta especie habita subpáramos y bosque húmedo montano alto, en Ecuador. Es una especie común (registrada en el 2003), y se distribuye en las estribaciones del Pacífico de la Cordillera Occidental y en la meseta de Los Andes al sur de Ecuador, (Frenkel et al, 2015).

Pristimantis sp nov



Orden: Anura

Familia: Strabomantidae

Posiblemente se trate de una nueva especie para la ciencia y pertenece al grupo de las ranas cutin. Esta especie se presentó tanto en zonas conservadas como restauradas.

Pristimantis orestes



Orden: Anura

Familia: Strabomantidae

Esta especie habita subpáramos herbáceos con árboles dispersos asociados a bromelias, rocas y bancos de tierra. Sus poblaciones están disminuyendo, siendo sus mayores amenazas la destrucción y degradación del hábitat. Se distribuye en la vertiente oriental de la cordillera de Los Andes, desde la hoya de Cuenca hasta la hoya de Loja en el sur de Ecuador (Frenkel et al. 2016).

Pristimantis cajamarcensis



Orden: Anura

Familia: Strabomantidae

Viven en zonas que se caracterizan por un régimen temperado húmedo. Se encuentra en el bosque tropical seco, bosque nublado y subpáramo, se distribuye ampliamente en la vertiente pacífica en la región de la Depresión de Huancabamba en el norte de Perú y en Loja, en el sur de Ecuador. (Frenkel et al. 2014).

Noblella heyeri



Orden: Anura

Familia: Strabomantidae

La población de esta especie se conoce de pocas localidades posiblemente porque es difícil de colectarla. Esta especie es activa en el suelo de bosque montano húmedo y bosque enano (Frenkel et al, 2014).

Pristimantis sp.1



Orden: Anura

Familia: Strabomantidae

Székely et al. (2016) mencionan que pertenece al grupo de las ranas cutin. Se identificó a nivel de género y también podría tratarse de una especie nueva para la ciencia.

Pristimantis sp.2



Orden: Anura

Familia: Strabomantidae

Perteneiente al grupo de las ranas cutin, esta especie se encontró en la zona conservada. Especie con datos insuficientes y posiblemente nueva para la ciencia.

Noblella aff. heyeri



Orden: Anura

Familia: Strabomantidae

Pequeñas ranas que constituyen un género habitante de la hojarasca, no se encuentra en bosque primario. Su rango altitudinal es de 2 040 a 3 000 m s.n.m. (Frenkel et al, 2014).

ANEXO 4. Toma de datos de las especies muestreadas.

