



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE QUIROPTEROFAUNA DE LA
RIBERA DEL LAGO SAN PABLO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORES: De la Cruz Chicaiza Anderson Misael
Taimal Aguilar Jennifer Johanna

DIRECTOR:

Ing. Mónica Eulalia León Espinoza MSc

IBARRA, 2024



CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 07 de febrero de 2024.

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE QUIROPTEROFAUNA DE LA RIBERA DEL LAGO SAN PABLO”**, de autoría de los señores DE LA CRUZ CHICAIZA ANDERSON MISAEL y TAIMAL AGUILAR JENNIFER JOHANNA, estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que los autores han procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

Ing. Mónica León MSc.

DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

FIRMA

Ing. Gabriel Jácome MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Tania Oña MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004675144
APELLIDOS Y NOMBRES:	DE LA CRUZ CHICAIZA ANDERSON MISAEL
DIRECCIÓN:	Barrio Gualavi, San Pablo del Lago, Cantón Otavalo
EMAIL:	amdelacruz@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO Y MÓVIL:	0979057578

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401966742
APELLIDOS Y NOMBRES:	TAIMAL AGUILAR JENNIFER JOHANNA
DIRECCIÓN:	Barrio Eloy Alfaro, La Libertad, Cantón Espejo
EMAIL:	jjtaimala@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO Y MÓVIL:	0979916828

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE QUIROPTEROFAUNA DE LA RIBERA DEL LAGO SAN PABLO
AUTOR (ES):	De la Cruz Chicaiza Anderson Misael Taimal Aguilar Jennifer Johanna
FECHA: DD/MM/AAAA	07/02/2024
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Mónica León MSc

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que somos titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldremos en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 7 días del mes de febrero de 2024

LOS AUTORES:


.....

De la Cruz Chicaiza Anderson Misael
1004675144


.....

Taimal Aguilar Jennifer Johanna
0401966742

AGRADECIMIENTO

Nuestro infinito agradecimiento a nuestras familias por su constante e invaluable apoyo y por creer en nosotros en cada etapa de este viaje académico. “Su amor y aliento fueron nuestra mayor motivación durante este proceso.”

Nos gustaría expresar nuestro más profundo agradecimiento a nuestra tutora Ing. Mónica León por su invaluable orientación y apoyo durante el desarrollo de esta tesis. Sus conocimientos, paciencia y dedicación fueron fundamentales para llevar a cabo este proyecto con éxito. También deseamos agradecer a nuestros asesores Ing. Gabriel Jácome e Ing. Tania Oña por su generosa asistencia y respaldo a lo largo de este proceso, su colaboración y compromiso contribuyeron significativamente al resultado final de este trabajo.

Queremos extender nuestra gratitud al Dr. Christian Vascones y Msc. Pamela Ribera de la Escuela Politécnica Nacional por el préstamo de equipos de ultrasonido, así como por su invaluable ayuda y respaldo durante la ejecución de esta investigación. Su apoyo técnico y disposición para compartir recursos fueron fundamentales para el logro de los objetivos de este estudio.

Además, deseamos agradecer al Biólogo Iván De la Cruz por su valiosa ayuda con la identificación de especímenes y su apoyo en las salidas de campo. Su experiencia y orientación fueron esenciales para enriquecer el contenido de esta tesis.

Finalmente, nuestro más sincero agradecimiento a nuestros amigos por su constante apoyo emocional y por ser parte de esta etapa universitaria, gracias por estar presentes en los días buenos y malos y compartir su tiempo con nosotros.

Jennifer y Anderson

DEDICATORIA

"A mi madre Rosa, mi padre Misael, mis hermanas Sarita y Marcy"

Por su amor incondicional, su constante apoyo y su eterna inspiración. Gracias por ser mi roca en los momentos difíciles, por alentarme a perseguir mis sueños y por celebrar mis logros. Esta tesis es un testimonio de su amor y sacrificio, y les dedico con todo mi corazón este logro académico. Su presencia en mi vida es el motor que impulsa mi éxito. Con amor y gratitud.

Anderson De la Cruz

DEDICATORIA

A mis padres Edwin y Marisol quienes con su sacrificio, paciencia y entrega han hecho posible que logre cumplir con una de las tantas metas propuestas. Gracias por su amor, ejemplo y apoyo incondicional en esta travesía universitaria.

A mis hermanos Yesenia y Alexander por ser mi soporte, mi mayor inspiración y sobre todo mi ejemplo de perseverancia, gracias por ser mis compañeros de vida y estar siempre para mí. A mi hermano Gadiel, el ser más especial que se ha ganado todo mi amor, gracias por ser esa estrellita brillante que alegra mis días, espero ser una persona ejemplar en tu vida.

A mis abuelos, tíos y demás familiares por estar pendientes de mi proceso con gestos de amor y palabras de aliento, a todos infinitas gracias

Finalmente, quiero expresar mi sincero agradecimiento a los amigos que estuvieron presentes desde el día uno en esta etapa universitaria y a los que se fueron sumando en el trayecto de la misma, gracias por compartir su tiempo conmigo y hacer que la vida universitaria sea más llevadera y llena de experiencias y anécdotas que recordare con mucho cariño.

Jennifer Johanna

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
Capítulo I.....	1
Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema de investigación y justificación.....	3
1.3 Preguntas directrices de la investigación	5
<i>1.4 Objetivos.....</i>	<i>5</i>
<i>1.4.1 Objetivo general.....</i>	<i>5</i>
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i>	<i>5</i>
Capítulo II	6
Marco Teórico.....	6
2.1 Marco teórico referencial	6
<i>2.1.1 Generalidades de los murciélagos</i>	<i>6</i>
<i>2.1.2 Anatomía y morfología de murciélagos</i>	<i>6</i>
<i>2.1.3 Hábitat de murciélagos</i>	<i>9</i>
<i>2.1.4 Reproducción de murciélagos.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1.5 Forrajeo</i>	<i>10</i>
<i>2.1.6 Bioacústica</i>	<i>11</i>
<i>2.1.7 Ecolocalización</i>	<i>12</i>
<i>2.1.8 Funciones ecológicas de los murciélagos.....</i>	<i>12</i>
<i>2.1.9 Amenazas para los murciélagos.....</i>	<i>14</i>
<i>2.1.10 Estrategias de conservación.....</i>	<i>15</i>
<i>2.1.11 Método de red de neblina.....</i>	<i>16</i>
<i>2.1.12 Métodos acústicos para identificación de murciélagos</i>	<i>18</i>
<i>2.1.13 Interpretación de los sonidos emitidos por los murciélagos.....</i>	<i>20</i>

2.1.14 Biodiversidad en lagos altoandinos	23
2.2 Marco legal.....	25
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.....	25
2.2.2 Tratados y convenios internacionales.....	26
2.2.3 Objetivos de desarrollo sostenible	27
2.2.4 Código Orgánico Ambiental	27
Capítulo III.....	29
Metodología	29
3.1 Descripción del área de estudio.....	29
3.2 Sitios de muestreo	30
3.3 Métodos.....	31
3.3.1 Método de captura	31
3.3.2 Método acústico	31
3.4 Procesamiento de datos y análisis estadísticos.....	32
3.4.1 Análisis acústicos	32
3.4.2 Curvas de acumulación de especies.....	33
3.4.3 Análisis de diversidad	33
3.5 Zonificación de la ribera del lago San Pablo con base en la diversidad de quirópteros.	34
3.5.1 Determinación de sitios adecuados para un corredor ecológico en la ribera del lago San Pablo.	35
3.6 Estrategias de conservación para los quirópteros de la ribera del lago San Pablo.....	38
Capítulo IV.....	42
Resultados y Discusión	42
4.1 Diversidad de quirópteros en la ribera del lago San Pablo	42
4.1.1 Análisis acústicos	43

4.1.2 <i>Procesamiento de datos y análisis estadístico</i>	48
4.2 Zonificación de la ribera del lago San Pablo con base en la diversidad de quirópteros.	54
4.2.1 <i>Determinación de sitios adecuados para un corredor ecológico en la ribera del lago San Pablo.</i>	59
Capítulo V	73
Conclusiones y Recomendaciones	73
5.1 Conclusiones	73
5.2 Recomendaciones	74
Referencias	75
Anexos	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Páginas
Figura 1. Anatomía externa del murciélago.....	9
Figura 2. Red de neblina	17
Figura 3. Tipos de señales emitidas por murciélagos	21
Figura 4. Visualización de pulsos con armónicos en el espectrograma.....	22
Figura 5. Pulsos de ecolocalización de la especie <i>Phyllostomus hastatus</i>	23
Figura 6. Ubicación del área de estudio	30
Figura 7. Esquema del modelo Presión – Estado – Respuesta	40
Figura 8. Sonograma correspondiente a la especie <i>Eptesicus furinalis</i>	45
Figura 9. Sonograma de la especie <i>Eumops</i> sp. de la familia <i>Molossidae</i>	46
Figura 10. Sonograma correspondiente a la especie <i>Lasiurus</i> sp. de la familia <i>Vespertilionidae</i>	46
Figura 11. Sonograma correspondiente a la especie <i>Myotis</i> sp. de la familia <i>Vespertilionidae</i>	47
Figura 12. Sonograma correspondiente a la especie <i>Nyctinomops laticaudatus</i> .	47
Figura 13. Sonograma correspondiente a la especie <i>Promops centralis</i>	48
Figura 14. Sonograma correspondiente a la especie <i>Tadarida brasiliensis</i>	48
Figura 15. Curva de acumulación de especies de la ribera del lago San Pablo ...	49
Figura 16. Curva de rango abundancia de especies	50
Figura 17. Dendrograma de similitud Bray-Curtis de 12 zonas muestreadas.....	54
Figura 18. Zonificación para la conservación de quirópteros en la ribera del lago	58
Figura 19. Ubicación del corredor ecológico en la ribera del lago San Pablo	61
Figura 20. Sitios turísticos clave para la conservación de quirópteros	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Páginas
Tabla 1. Valores de ponderación para la zonificación del lago San Pablo	35
Tabla 2. Rangos de clasificación para la cobertura de tierra según NDVI	37
Tabla 3. Clasificación y rangos de perturbación humana (IPH)	39
Tabla 4. Riqueza de especies en la ribera del lago San Pablo.....	42
Tabla 5. Grabaciones obtenidas en las zonas de muestreo.....	44
Tabla 6. Diversidad alfa en las zonas muestreadas	51
Tabla 7. Índice de Similaridad de Sorensen entre zonas más representativas	53
Tabla 8. Riqueza, Abundancia y Densidad de las zonas del lago San Pablo	56
Tabla 9. Zonificación para conservar quirópteros presentes en la ribera del lago San Pablo.....	56
Tabla 10. Índice de perturbación humana del lago San Pablo	63
Tabla 11. Categorización del impacto producido por las actividades humanas... 63	
Tabla 12. Esquema presión – estado – respuesta y actividades del programa enfocado en la restauración de la ribera del lago San Pablo	66
Tabla 13. Esquema presión – estado – respuesta y actividades del programa enfocado en el ecoturismo.....	69
Tabla 14. Esquema presión – estado – respuesta y actividades del programa de participación social.....	72

Índice de Anexos

Anexo 1. Especies de quirópteros registrados durante el trabajo de campo	95
Anexo 2. Características de las llamadas registradas mediante método acústico.	96
Anexo 3. Hoja de registro de individuos capturados mediante redes de neblina .	97
Anexo 4. Ficha técnica para el registro de actividades antrópicas	98
Anexo 5. Salidas de campo	99
Anexo 6. Mapas	103
Anexo 7. Guías de campo	110

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATUARLES
RENOVABLES
EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE QUIROPTEROFAUNA DE LA
RIBERA DEL LAGO SAN PABLO

De la Cruz Chicaiza Anderson Misael y Taimal Aguilar Jennifer Johanna

RESUMEN

Los quirópteros constituyen uno de los grupos de mamíferos más exitosos en cuanto a riqueza de especies y diversidad ecológica, sin embargo, se enfrentan a varias amenazas como pérdida de hábitat, deforestación y la percepción de las personas. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la diversidad de quiropteroфаuna en la ribera del lago San Pablo para desarrollar estrategias de conservación. Se establecieron 12 zonas de muestreo utilizando seis redes de neblina y grabadoras de ultrasonido que se ubicaron en puntos estratégicos, los muestreos se realizaron durante seis meses (agosto 2022-febrero 2023), dos noches en cada zona entre las 18:00 y las 23:00 horas. Se construyeron curvas de acumulación y abundancia de especies; la diversidad alfa y beta se estimaron mediante los índices de Shannon-Wiener y Sorensen respectivamente, además, se construyó un dendrograma con el método de Bray Curtis. Para el desarrollo de estrategias de conservación se aplicó el índice de Perturbación Humana. Se registraron en total nueve especies de quirópteros pertenecientes a las familias Vespertilionidae, Noctilionidae, Phyllostomidae y Molossidae, siendo esta última la más abundante, destacando *Nyctinomops laticaudatus*. Los resultados determinaron que en la ribera del lago San Pablo hay mayor presencia de quirópteros insectívoros, considerando que el área de estudio está intervenida por el desarrollo de actividades antrópicas y la iluminación artificial atrae a insectos; sin embargo, los valores de diversidad fueron bajos, por lo que se debe trabajar con la comunidad para mejorar la calidad de vida de estas especies mediante la restauración de áreas degradadas.

Palabras clave: quirópteros, diversidad taxonómica, lago San Pablo, métodos de captura.

ABSTRACT

Chiropterans constitute one of the most successful groups of mammals in terms of species richness and ecological diversity, however, they face several threats such as habitat loss, deforestation, and people's perception. The objective of this research was to evaluate the diversity of chiropteroфаuna on the shores of Lake San Pablo to develop conservation strategies. 12 sampling areas were established using six mist nets and ultrasound recorders that were located at strategic points, sampling was carried out for six months (August 2022-February 2023), two nights in each area between 6:00 p.m. and 11:00 p.m. Species accumulation and abundance curves were constructed; Alpha and beta diversity were estimated using the Shannon Wiener and Sorensen indices respectively; in addition, a dendrogram was constructed with the Bray Curtis method. The Human Disturbance Index was used to develop conservation strategies. A total of nine species of bats belonging to the families Vespertilionidae, Noctilionidae, Phyllostomidae and Molossidae were recorded, the latter being the most abundant, with *Nyctinomops laticaudatus* standing out. The results determined that on the shore of Lake San Pablo there is a greater presence of insectivorous bats, considering that the study area is intervened by the development of anthropogenic activities and artificial lighting attracts insects, however, the diversity values were low, therefore, we must work with the community to improve the quality of life of these species through the restoration of degraded areas.

Keywords: bats, taxonomic diversity, Lake San Pablo, capture methods.

Capítulo I

Introducción

1.1 Antecedentes

Los quirópteros son uno de los grupos de mamíferos con mayor distribución en el planeta, se caracterizan por su diversidad trófica y por poseer un gran potencial como bioindicadores (Pérez, 2008). De acuerdo con Mendoza et al. (2017), entre las principales funciones ecológicas que presentan los murciélagos está el consumo de artrópodos, lo que contribuye al control de plagas en los agroecosistemas. De igual forma, la dispersión de semillas y polinización se consideran funciones primordiales de estas especies, sobre todo en ambientes tropicales, ya que posibilitan la recuperación de bosques (Solary *et al.*, 2020). Este grupo de mamíferos responde de manera diferente y rápida a los cambios de su entorno, especialmente en su hábitat, por lo que pueden utilizarse como grupos modelo para analizar patrones de diversidad (Martínez *et al.*, 2020).

Barre et al. (2021) mencionan que estos mamíferos al presentar una gran distribución se los puede registrar incluso en zonas urbanas gracias a la conectividad y calidad de vegetación de las zonas, sin embargo, la luz artificial nocturna es una de las grandes amenazas para los mismos, dado que, reduce la calidad, disponibilidad y funcionalidad de los hábitats. De igual manera, Haddock et al. (2019) en su estudio realizado en un área metropolitana de Sydney (Australia) que tiene la finalidad de evaluar los efectos de la iluminación artificial en bordes de bosques sobre los murciélagos insectívoros, menciona que las fuentes de luz artificial presentan diferentes efectos sobre las especies de murciélagos como la fragmentación del entorno y disminución de conectividad de las especies sensibles a la luz.

Con la finalidad de preservar la quiropterofauna se formaron grupos de trabajo para maximizar el alcance de su conservación, es así como se crea la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM) en el año 2007, misma que busca garantizar la persistencia de especies mediante programas de conservación en 23 países de América latina y el Caribe (Aguirre *et al.*, 2014);

así mismo, presenta tres ejes de trabajo: educación, investigación y conservación; el último eje enfatiza la tarea de identificar sitios clave para la conservación de quirópteros y áreas importantes para su protección (Firma, 2018). Cabe mencionar que hasta la actualidad existen alrededor de 1447 especies de murciélagos a nivel mundial (Sempértegui, 2022), algunas se mueven en colonias y otras no, y más de 300 están Sudamérica (Novelli, 2020).

Se considera que los quirópteros son los vertebrados con mayor éxito respecto a la diversidad de especies y diversidad ecológica; las adaptaciones morfológicas, físicas y ecológicas que han desarrollado son únicas y se deben a cambios evolutivos ocurridos a lo largo de los años (Burneo *et al.*, 2015). A pesar de que el Ecuador tiene una superficie pequeña, se encuentra entre los primeros países de América del Sur que cuentan con una alta biodiversidad, en cuestión de murciélagos pertenecientes al orden Chiroptera alberga alrededor de 178 especies (Tirira *et al.*, 2021), lo que representa el 40% de su mastofauna (Pozo *et al.*, 2015). Las especies conocidas hasta la actualidad se dividen en ocho familias y 65 géneros, de las cuales la familia Phyllostomidae cuenta con mayor riqueza al representar el 65% de la diversidad de murciélagos del Ecuador (Burneo *et al.*, 2015). Según De la Cruz (2019) el crecimiento demográfico, la pérdida de hábitat, la degradación del medio y el uso inadecuado de la tierra han afectado a las poblaciones de estos mamíferos durante las últimas décadas.

Los estudios sobre quirópteros en Ecuador se limitan a sitios clave como parques nacionales, reservas ecológicas y reservas de producción de vida silvestre (De la Cruz, 2019). Los sitios que más frecuentan este grupo de animales, como cultivos, remanentes boscosos y áreas pertenecientes a agroecosistemas, han sido descuidadas en el campo de la investigación (Pozo *et al.*, 2015). Respecto a investigaciones previas, en la provincia de Imbabura se han desarrollado estudios sobre quirópteros en los cantones Cotacachi e Ibarra, en comunidades con una altitud entre 400 y 1715 msnm, donde se han registrado algunas especies de la familia Emballonuridae como: *Centronycteris centrales*, *Balantiopteryx infusca*, *Saccopteryx bilineata* (Tirira y Burneo, 2012).

1.2 Problema de investigación y justificación

En las últimas décadas la población ha incrementado y por ende la ampliación de la frontera agropecuaria, intervención de áreas naturales y explotación de recursos naturales también ha ido en aumento para cumplir con la demanda de la sociedad (Malso *et al.*, 2022). Como consecuencia de esto, se ha evidenciado la pérdida de biodiversidad y el grupo de quirópteros no es la excepción (Martínez *et al.*, 2020). Las diferentes actividades de las personas han provocado una gran disminución de especies de murciélagos a nivel mundial, entre las principales amenazas a las cuales se enfrenta este grupo de mamíferos está la pérdida de hábitat, deforestación y la más común la percepción de las personas, ya que resulta complicado cambiar las creencias de las personas hacia estas especies (Parolin *et al.*, 2021). Es así como el poco conocimiento que existe sobre estos animales y el temor que generan en las personas hace que su conservación se vea afectada (Pozo *et al.*, 2015).

Este grupo de mamíferos se caracteriza por su amplia distribución a nivel global, a pesar de su pequeño tamaño y hábitos nocturnos, se han posicionado entre los órdenes de mamíferos con mayor diversidad en todo el mundo (Kunz *et al.*, 2011). De las 1447 especies de quirópteros que se encuentran a nivel mundial (Sempértégui, 2022), Ecuador alberga aproximadamente 178 especies (Tirira *et al.*, 2021), sin embargo, pocas son las investigaciones realizadas para conocer su diversidad en áreas perturbadas y conservadas en la Provincia de Imbabura (Pozo *et al.*, 2015).

Cabe destacar que, este grupo de mamíferos voladores desempeñan una función esencial en los medios que se alojan, dado que habitan diversos niveles tróficos, comportándose como presas, consumidores primarios, secundarios y terciarios, todo gracias a que este grupo de mamíferos tiene diferentes hábitos dietéticos de acuerdo con su especie (Hughes *et al.*, 2021). Estos animales se pueden alimentar de insectos, peces, polen, néctar, sangre, vertebrados, hojas y de esta manera proporcionar varias funciones ecológicas como dispersar semillas, polinizar y regular poblaciones de insectos; por tal motivo su estudio es de gran relevancia para evaluar el estado ambiental de su hábitat, identificar las posibles perturbaciones y promover prácticas para su conservación (Medellín *et al.*, 2017).

El lago San Pablo ha tolerado un deterioro acelerado provocado por una combinación de factores como el aumento de la población, desorden urbano, actividades agrícolas propias de la región, inadecuado manejo ambiental y ausencia de métodos adecuados de saneamiento, las cuales son consideradas amenazas culturales (Rivadeneira, 2015). De acuerdo con Navarrete y Zambrano (2013) debido a los beneficios que proporciona el lago San Pablo, un gran número de pobladores se asentaron en sus orillas y han desarrollado actividades económicas como levantamiento de infraestructura turística, agricultura, ganadería y actividades recreativas, lo que ha generado un impacto en el ecosistema.

Quiñonez (2017) afirma que la transformación de las áreas naturales en áreas urbanizadas ha resultado en una pérdida sustancial de hábitat para muchas especies que responden de manera diferente a estos cambios dependiendo de su capacidad de recuperación. Así mismo, Pérez (2008) menciona que este fenómeno altera los comportamientos de las especies nocturnas como los murciélagos, mientras unas especies son favorecidas por el incremento de sitios para forrajeo gracias a la presencia de alumbrado e insectos que son atraídos a la luz, otras son perjudicadas ya que se disminuye el tamaño de la población o se trasladan a sitios con un nivel bajo de perturbación.

El presente estudio está vinculado al Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 bajo el objetivo 11 “Conservación, restauración, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2021). Busca promover las condiciones de protección jurídica, económica y ambiental necesarias para la actividad del hombre en el marco de la transición ecológica, mediante acciones que permitan la conservación del hábitat y la reparación de los ecosistemas.

En definitiva, con este trabajo se pretende evaluar la diversidad de quirópteros en la ribera del lago, con la finalidad de desarrollar estrategias que contribuyan a su conservación. Además, la generación de mapas de zonificación y estrategias para la conservación de quiropterofauna serán un referente para futuros planes de gestión del área que permitan crear un equilibrio entre las actividades de las personas y la continuidad de las especies.

1.3 Preguntas directrices de la investigación

- ¿Cuál es la diversidad de quiropteroфаuna en la ribera del lago San Pablo?
- ¿Qué estrategias se deberían emplear para conservar la diversidad de quirópteros de la ribera del lago San Pablo?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la diversidad de quiropteroфаuna en la ribera del lago San Pablo para el desarrollo de estrategias de conservación.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la diversidad de quirópteros presentes en la ribera del lago San Pablo.
- Zonificar la ribera del lago San Pablo con base en la diversidad de quirópteros.
- Diseñar estrategias de conservación para los quirópteros de la ribera del lago San Pablo.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Marco teórico referencial

2.1.1 Generalidades de los murciélagos

Los quirópteros forman parte del orden Chiroptera, se caracterizan por ser los únicos mamíferos capaces de volar realmente gracias a diversas adaptaciones, pero principalmente a adaptaciones en sus extremidades superiores (Aguirre, 2007). Estos mamíferos poseen diversas formas y colores, la cara y orejas son las características más notables y variables, mismas que varían según su función; en el caso de los murciélagos que se alimentan de néctar presentan mandíbulas alargadas para poder introducir las a las flores, mientras que los murciélagos que ingieren insectos poseen orejas más largas y complejas para poder ubicar sus presas (Dos reis *et al.*, 2017).

Los quirópteros se distribuyen en dos grupos principales: Microchiroptera (especies con ecolocación y mayormente insectívoros) y Megachiroptera (murciélagos frugívoros del viejo mundo) (Huston *et al.*, 2001). El primer grupo se caracteriza por su distribución en todos los continentes, a excepción de los polos, así como también por su pequeño tamaño y sistema de ecolocalización, representa el 50% de los mamíferos dentro de los bosques del Neotrópico desempeñando un papel relevante gracias a su riqueza (Solari y Martínez, 2014). El segundo grupo se caracteriza por ser frugívoros o nectarívoros, presentan un mayor tamaño, se los conoce como “zorros voladores” y se los encuentra en regiones tropicales de Asia, África y Oceanía (Rodríguez *et al.*, 2014).

2.1.2 Anatomía y morfología de murciélagos

Debido a una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y de comportamiento, el grupo de mamíferos voladores son las únicas especies capaces de volar forma autónoma (Quintana y Pacheco, 2007). Una de las características más distintivas de los murciélagos son las alas, su forma está directamente relacionada con la agilidad del vuelo y los hábitos alimentarios; además son estructuralmente muy parecidas a

las extremidades del hombre y diferentes a las de las aves (Galeón y Moya, 2019). Los murciélagos presentan alas cubiertas con una fina membrana de piel llamada patagio, que se adhiere al cuerpo y cubre todas las falanges excepto el pulgar (Panyutina *et al.*, 2011).

Las alas de un murciélago se forman mediante la modificación de sus patas delanteras, descansando sobre la parte superior del brazo (húmero) y al extender el radio, cubito y las falanges (Quintana y Pacheco, 2007). El único dedo que se encuentra fuera del ala es el pulgar, los dedos segundo y tercer se encuentran generalmente en la parte inferior del ala, mientras que los dedos cuarto y quinto pueden estimular la superficie del ala; cabe mencionar que estos últimos cuatro dedos no presentan uñas/garras y están revestidos por un tejido (Gaudioso *et al.*, 2022; Sánchez y Cadena, 2004). Generalmente, las especies que presentan el ala alargada y estrecha son rápidas y pueden atrapar y alimentarse de insectos presentes en grandes espacios, por el contrario, aquellos individuos de alas cortas y anchas vuelan lento y son lo suficientemente maniobrables como para volar entre la vegetación para alimentarse (Podlusty *et al.*, 2005).

Respecto a la cola, los murciélagos muestran diferentes tamaños y adaptaciones según la forma de vida, los murciélagos de la familia Molossidae, por ejemplo, tienen la cola libre y, por lo tanto, no está rodeada por la membrana interfemorale; en cambio, la familia Vespertilionidae presenta colas que se encuentran incluidas completamente entre las membranas interfemorales (Hernández, 2015). En otras familias como Emballonuridae, Mormoopidae y Noctilionidae la cola sobresale de la membrana por 10 – 15 mm (Schmieder *et al.*, 2014).

Entre las características más importantes para identificar murciélagos también se encuentra la variedad de formas de la cabeza (Hernández, 2015). La cara y las orejas tienen diversas formas, los murciélagos que consumen néctar, por ejemplo, presentan mandíbulas y lengua alargada, para introducirse en la flor, a diferencia de los murciélagos insectívoros que presentan mandíbulas moderadamente alargadas, orejas largas y estructuras muy complejas (Solari y Martínez, 2014).

La fórmula dentaria puede caracterizar a los miembros de toda una familia de murciélagos, o a los de un género determinado. Puede variar en las especies de un mismo género como es el caso de *Artibeus* en donde las especies presentan tres fórmulas diferentes (León y Montiel, 2006). En casos excepcionales, el número de dientes puede variar en una especie de acuerdo con su distribución geográfica. Los murciélagos tienen una dentadura que incluye incisivos, caninos, premolares y molares, mismos que presentan algunas variaciones debido a la especialización de las especies, como la dieta, número de dientes y posición (Sánchez y Cadena, 2004).

Los murciélagos presentan membranas que tiene diferentes denominaciones de acuerdo donde se encuentre, por ejemplo, la membrana de la cola (uropatagio) se despliega centralmente entre las extremidades inferiores, generalmente se extiende desde los tobillos hasta incorporar la cola de las especies que la presenta; la membrana cambia de una especie a otra, en la familia *Vespertilionidae*, la membrana está muy desarrollada, proporciona una notable maniobrabilidad durante el vuelo y sirve como bolsa para ayudar a capturar presas (Hernández, 2015). La membrana que se extiende desde el hombro a través del antebrazo hasta llegar al pulgar se denomina propatagio, por otro lado, dactilopatagio es el tejido que se extiende entre los dedos que no sean el pulgar y plagiopatagio es la membrana desplegada en ambos lados del cuerpo bajo el antebrazo hasta el tobillo (Galeón y Moya, 2019).

Ciertas especies se caracterizan por presentar en su rostro hoja nasal, una estructura peculiar que les posibilita la emisión de chillidos usados en la ecolocalización, así mismo, hay especies que emiten dichos sonidos (chillidos) a través de la boca (Feng *et al.*, 2013), la familia *Phyllostomidae*, por ejemplo, se diferencia de las demás familias por tener la hoja nasal extendida dorsal y distalmente desde la nariz, para ayudar a transmitir las señales acústicas involucradas en la ecolocalización (Rodríguez *et al.*, 2014). En el caso de la especie *Centurio senex*, conocido comúnmente como murciélago de cara arrugada, el lóbulo de la nariz está ausente, mientras que, en las tres especies de murciélagos vampiros (*Desmodontinae*) los lóbulos nasales se extienden directamente sobre la cara, en lugar de alargarse

libremente como en otras especies de la familia Phyllostomidae (Schnitzler et al., 2003).

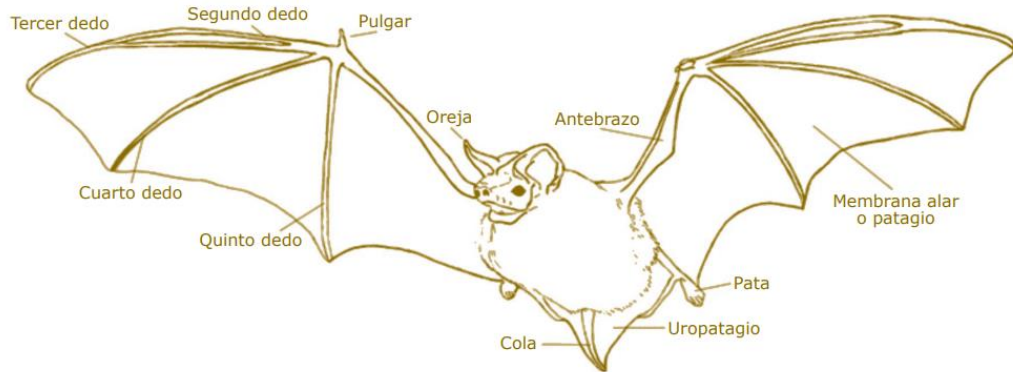


Figura 1. Anatomía externa del murciélago

Fuente: (Hernández, 2015)

2.1.3 Hábitat de murciélagos

Algunos murciélagos suelen ser solitarios y solo se encuentran con otros individuos de la misma especie cuando migran o se reproducen, mientras que, otros tienden a vivir en grupos, ya sean pequeños o grandes (Lanchipa y Aragón, 2018). Los murciélagos migran de un lugar a otro, haciendo viajes cortos en busca de alimento o migrando localmente para congregarse en dormideros de invierno, algunos migran largas distancias (más de 1000 km) por los cambios disponibilidad de alimentos y las condiciones climáticas (González y Botto, 2006).

De acuerdo con Kunz y Lumsden (2003) los murciélagos habitan diferentes tipos de refugios, por lo general, la mayor parte de especies utilizan los árboles como refugio o lugares de descanso, principalmente las cavidades, ramas huecas o grietas bajo la corteza; otros viven en el follaje o se refugian bajo hojas grandes, las cuevas también son lugares adecuados para algunas especies, suelen ubicarse cerca de la entrada o en lugares más profundos y oscuros. Las minas abandonadas, construcciones viejas e incluso puentes suelen ser los refugios para estos mamíferos voladores que cuando descansan suelen estar colgados boca abajo, esta postura les facilita huir con rapidez frente al inminente ataque de sus depredadores, así como también obtener el impulso necesario para emprender su vuelo (Russell *et al.*,

2011). Los murciélagos que viven cerca o en los asentamientos humanos se denominan “antropófilos”, mientras que los murciélagos que viven en troncos u hojas son “fitófilos” y los que viven en cuevas y grietas se denominan “litófilos” (Tuttle y Moreno, 2005).

2.1.4 Reproducción de murciélagos

Los quirópteros son mamíferos placentarios y la particularidad de este grupo es el desarrollo completo del embrión dentro del útero de la madre nutriéndose a través de la placenta (Ortega y Martínez, 2011). Luego de que la cría nace prácticamente formada, entra a un periodo de lactancia, que para la madre tiene aún mayor demanda energética que durante el estado de preñez, por esta razón, la época de alta disponibilidad de alimentos es la que determina el ciclo reproductivo, esto permite que las crías nazcan y crezcan de la manera más apropiada (Mena y Williams de Castro, 2002).

Este grupo de mamíferos poseen una reproducción y desarrollo muy lento para su tamaño y de acuerdo con la especie, las crías pueden llegar a pesar entre 11 y 35% del peso corporal de la progenitora, aunque, la mayoría de los murciélagos cría solo un hijo, dado que, al cargar la cría durante el vuelo emplean gran cantidad de energía, con excepción de la familia Vespertilionidae que cría hasta dos hijos (Mena y Williams de Castro, 2002). Por otra parte, se reporta que *Desmodus rotundus* es la especie que presenta el periodo de gestación más largo con 205 días de gestación y 10 meses de lactancia y los Vespertilionidos del género *Pipistrelus* presenta un tiempo de lactancia de 33 días (Podlutzky *et al.*, 2005).

El comportamiento social juega un papel esencial en el éxito reproductivo de quirópteros, crean colonias o pequeños grupos familiares, rara vez se encuentran individuos que se juntan solo para aparearse y pueden mostrar sistemas de apareamiento como la monogamia y poligamia (Ortega y Martínez, 2011).

2.1.5 Forrajeo

Los quirópteros consumen una gran variedad de alimentos, de preferencia ingieren insectos y otros artrópodos, aunque también hay especies que prefieren alimentarse

de frutas, néctar, polen, semillas, aves y también sangre; un claro ejemplo son los murciélagos insectívoros, que pueden comer hasta 1200 mosquitos por hora; normalmente, ingieren su masa total de insectos cada noche, lo que ayuda a mantener las poblaciones de insectos bajo control (Hughes *et al.*, 2021). Este grupo de mamíferos son los principales consumidores de insectos como Díptera, Lepidóptera, Coleóptera, Homóptera, Hemíptera, Trichóptera; aprovechan los nichos ecológicos y cazan al anochecer y en horas nocturnas; cabe mencionar que la ecolocación les ayuda a encontrar su alimento, así como también los sonidos de las presas, olores y sensores de calor (Altringham, 2011).

En la región Neotropical, la familia de murciélagos frugívoros predominante es la Phyllostomidae, que se caracteriza por presentar hoja nasal, así mismo, estos mamíferos están entre los principales depredadores de artrópodos y vertebrados, lo cual hace que dicha familia sea considerada la más diversa respecto a hábitos alimenticios (Giannini y Kalko, 2004). Los murciélagos frugívoros tienen una alimentación muy variada, por lo que en su dieta incluyen frutos de diferentes familias como Melastomataceae, Solanaceae, Fabaceae, Piperaceae, Urticaceae, Guittiferaceae y Moraceae; así mismo, su alimentación está basada en el consumo de flores de las plantas de las siguientes familias: Urticaceae, Bombacaceae, Solanaceae, Campanulaceae, Melastomataceae, Passifloraceae y Bromeliaceae (Peña *et al.*, 2006).

2.1.6 Bioacústica

Bioacústica es la ciencia que permite monitorear quirópteros que generalmente son difíciles de localizar mediante redes de neblina o trampas arpa (métodos tradicionales), además, con este método de identificación de quirópteros se puede recopilar datos de los diversos aspectos de la biología de las especies estudiadas; del mismo modo, la bioacústica se encarga del estudio del sonido, como, por ejemplo, su difusión a través del medio y la recepción en animales (Martínez *et al.*, 2020).

2.1.7 Ecolocalización

Se conoce como ecolocalización a la capacidad que tienen ciertos animales de conocer su entorno al emitir sonidos e interpretar los ecos creados por los objetos que los rodean, se considera, además como una estrategia de caza y orientación (Langley, 2021). Los murciélagos al ser mamíferos nocturnos emiten ondas que son imperceptibles para los humanos, cuando estas ondas chocan con algún objeto, el sonido se transmite de vuelta al animal, permitiéndole calcular la distancia y ubicación de este; así mismo, este sistema les permite recopilar información contenida en los ecos que regresan para navegar con seguridad y para encontrar y rastrear presas con éxito (Barboza *et al.*, 2006). Además, según Teshima *et al.* (2022) los murciélagos adaptan su sonar y el comportamiento de lucha de acuerdo con las características ambientales. Durante los últimos años, gracias a la disponibilidad y diversidad de instrumentos acústicos de detección, registro y análisis, la cantidad de estudios ecológicos e inventarios de quiroptero fauna mediante el uso de sonar por eco han aumentado (Canché *et al.*, 2010).

Las poblaciones de murciélagos emplean diversos repertorios vocales para la comunicación social además de emitir pulsos de sonido para la ecolocalización, los sonidos emitidos para la comunicación social varían según el individuo, la audiencia, el estado fisiológico/emocional del emisor y la hora del día en que se emiten (Bohn *et al.*, 2008). Los murciélagos se comunican mediante la emisión de sonidos, lo cual también les ayuda a orientarse en el vuelo y adquirir alimento, pero estos mamíferos voladores emiten sonidos a frecuencias que van de 100 Hz a 100 KHz (100 000 Hz) lo que los hace casi inaudibles para los oídos humanos; el sonido por debajo de 20 KHz están dentro del rango del oído humano, sin embargo, para la ecolocalización se utilizan ultrasonidos con rango de 20 KHz y 200 KHz (Raghuram y Marimuthu, 2005).

2.1.8 Funciones ecológicas de los murciélagos

Los quirópteros son los mamíferos con mayor abundancia y diversidad del planeta, ya que presentan amplia variedad de morfologías y formas de vida (Bracamonte, 2018). De acuerdo con Fleming *et al.* (2009) este grupo de mamíferos ocupa una

gran variedad de nichos tróficos, por esta razón, ejercen un alto impacto ecológico en las distintas comunidades que los componen; cabe mencionar que, este grupo de mamíferos ha sido catalogado como especie clave en algunas comunidades debido a su rol representativo en el desarrollo y dinámica de los ecosistemas.

- Polinización

Torres (2005) afirma que los quirópteros son uno de los principales responsables de la polinización de plantas, se estima que aproximadamente polinizan 500 especies de 96 géneros, así mismo, intervienen en el proceso de transferencia de polen, con esto favorecen al crecimiento, reproducción y mejora de la estructura poblacional de las especies de plantas beneficiadas de la polinización.

- Dispersión de semillas

Los murciélagos se consideran el grupo más importante de mamíferos dispersores de semillas en los trópicos porque pueden volar, al transportar semillas de un lugar a otro, ayudan a mejorar las cadenas tróficas (Galindo, 2004). Además, según Hinojosa et al. (2021) los murciélagos esparcen de dos a ocho veces más semillas que las aves en las selvas tropicales, lo que los hace esenciales en la regeneración natural de las selvas.

- Creadores de nichos ecológicos

De acuerdo con Palmerim y Rodríguez (1991) algunas especies de quirópteros habitan en cuevas o cavidades y crean nichos ecológicos para las comunidades de invertebrados a través de sus actividades diarias. Por lo general, los murciélagos llegan a nichos ecológicos que dejan las aves diurnas en la noche y realizan las mismas funciones de comer frutas, flores, pescar en lagos y alimentarse de otras especies como ranas e insectos (Torres, 2005).

- Control de insectos

Los murciélagos presentan una alimentación muy amplia y variada, en el caso de las especies insectívoras según Huston et al. (2001) pueden consumir decenas de toneladas de insectos nocturnos todos los días, cabe recalcar que ciertas especies

comen del 50 al 150% de su masa corporal durante la noche, lo que regula la presencia de estos en los ecosistemas tropicales, especialmente de lepidópteros, coleópteros, homópteros, hemípteros y tricópteros (Palmeirim y Rodrigues, 1991). El consumo de insectos por parte de los quirópteros trae múltiples ventajas para el sector económico, social y de salud, dado que la dieta incluye insectos que parasitan los cultivos y que transmiten diversas enfermedades (Puig *et al.*, 2015); gracias a esta actividad se reduce el empleo de fertilizantes o funguicidas en los sembríos, de esta manera se contribuye significativamente a la conservación del medio, cuidado de la salud y ahorro económico (Gándara *et al.*, 2006).

2.1.9 Amenazas para los murciélagos

Los quirópteros han presentado un fuerte declive debido a que no se han tomado medidas efectivas para protegerlos, por tal motivo la RELCOM ha reconocido cinco amenazas regionales para este grupo de mamíferos que incluyen: fragmentación de hábitat, destrucción y alteración de refugios, abuso de sustancias tóxicas, amenazas emergentes, conflicto entre murciélagos y humanos y por último enfermedades emergentes (RELCOM, 2010).

Así mismo, Mena (2010) reitera que uno de los factores claves en la crisis mundial de la pérdida de biodiversidad es la alteración del uso del suelo, principalmente en los trópicos; se ha encontrado que las respuestas a la fragmentación y la pérdida de hábitat son muy particulares a nivel de especie o conjuntos, por ejemplo, algunos murciélagos filostómidos (subfamilia Phyllostominae) disminuyen su abundancia en respuesta a la fragmentación.

En cuanto a la destrucción y perturbación del hábitat, los quirópteros son muy vulnerables al cambio de hábitat porque presentan requisitos especiales, tienen una alta demanda de energía y varias especies de regiones templadas presentan bajas tasas de reproducción y una vida extremadamente larga; estos rasgos provocan que comunidades enteras caigan en inestabilidad cuando la tasa de muerte es elevada, ya que sus bajas tasas reproductivas conducen a una recuperación lenta (Botto *et al.*, 2019).

La alteración de los refugios, como cuevas, minas y edificios abandonados, puede dañar gravemente las poblaciones de quirópteros y, hasta llegar a provocar la muerte de las crías cuando las hembras abandonan sus refugios (García, 2015); sumado a esto, modifica el período de hibernación, incurriendo en un costo de energía que no puede ser cubierto por los recursos disponibles, pero ese costo de energía solo es suficiente para sobrevivir en aletargamiento, razón por la cual no pueden resistir a la primavera (Huston *et al.*, 2001). Por otro lado, Gándara et al. (2006) menciona que la contaminación por el uso de insecticidas altera significativamente las poblaciones de murciélagos insectívoros al reducir sus fuentes de alimento, además, cuando ingieren insectos infestados con insecticidas, se acumulan en el tejido adiposo y las concentraciones de plaguicidas pueden ser letales en la hibernación.

2.1.10 Estrategias de conservación

Conocer el estado de conservación de los murciélagos es esencial por los diversos servicios ecosistémicos que brindan, por tal motivo, en la actualidad existen diferentes estrategias para la conservación de quirópteros impulsadas por la RELCOM y desarrolladas en 25 países de Latinoamérica y el Caribe mediante la implementación de 23 programas (Guerrero, 2018); asimismo, RELCOM (2011) menciona que se han llevado a cabo estrategias nacionales y locales como los Programas de conservación de quirópteros en países en la región y el Programa de conservación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en Quito.

El principal medio para proteger a los quirópteros en peligro de extinción es crear áreas protegidas específicas, según RELCOM (2011) estas áreas se agrupan a nivel regional en un sistema de áreas protegidas designadas como Áreas clave de conservación para murciélagos (AICOMs). También existen áreas más pequeñas y específicas creadas para proteger poblaciones de murciélagos de interés a los cuales se les ha catalogado como Sitios de Importancia para Conservar Murciélagos (SICOMs) (RELCOM, 2010).

Cabe mencionar que, el Programa de Conservación para Murciélagos de Ecuador (PCME) forma parte de la RELCOM desde al año 2012 y se basa en tres ejes básicos y esenciales como investigación, educación y conservación (Proaño, 2015).

2.1.11 Método de red de neblina

De acuerdo con Flores (2008) el método más eficaz para el estudio de poblaciones de quirópteros que se alimentan de néctar, frutas, insectos o incluso sangre, es mediante el empleo de redes de neblina. Al ser un procedimiento directo, puede usarse para capturar individuos y facilitar la identificación de estos hasta llegar a nivel de especie, es más, se puede obtener datos morfométricos que permitan corroborar la identificación de la especie, así como también conocer su dieta, sexo o reproducción (Holbech, 2020).

Rodales y Juri (2006) recomiendan seleccionar la dimensión y el tipo de red de neblina según las particularidades del área a estudiar, así como también revisar el largo de la malla o las medidas del rombo. Se puede trabajar con redes de tres a 30 metros de largo con una altura cercana a los dos metros, la red presenta forma de diamante y la apertura de ésta tiende a variar, presenta tres o cinco paneles que se superponen para formar un bolsillo (Figura 2), de esa manera los murciélagos chocan y caen dentro de estos bolsillos, se enredan y no pueden continuar el vuelo temporalmente (Pacheco *et al.*, 2020).

Para colocar las redes de neblina en campo se deben tomar en cuenta algunas consideraciones, como, por ejemplo, ubicar las redes en áreas con vegetación, cerca o en medio de cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas), de preferencia en áreas abiertas sin obstáculos para que los murciélagos puedan beber agua fácilmente, además, las redes deben instalarse lateral y verticalmente en el área escogida (Rodales y Juri, 2006). Se debe tener en cuenta que, de las 1 447 especies de quirópteros existentes en el mundo, solo tres especies ingieren sangre (hematófagos), la mayoría son insectívoros, polinívoros, frugívoros y piscívoros, por lo que el uso de guantes de cuero es indispensable en caso de capturar una especie hematófaga ya que puede portar la rabia (Sempértegui, 2022). Una vez que un individuo quede atrapado en la red, debe retirarse inmediatamente para evitar lesiones, estrés o daño de la red por las mordidas, además, se requieren al menos

dos o tres fundas para poner los individuos colectados, porque al reunir diferentes especies en un mismo lugar pueden atacarse entre sí (Caire y Loucks, 2010).

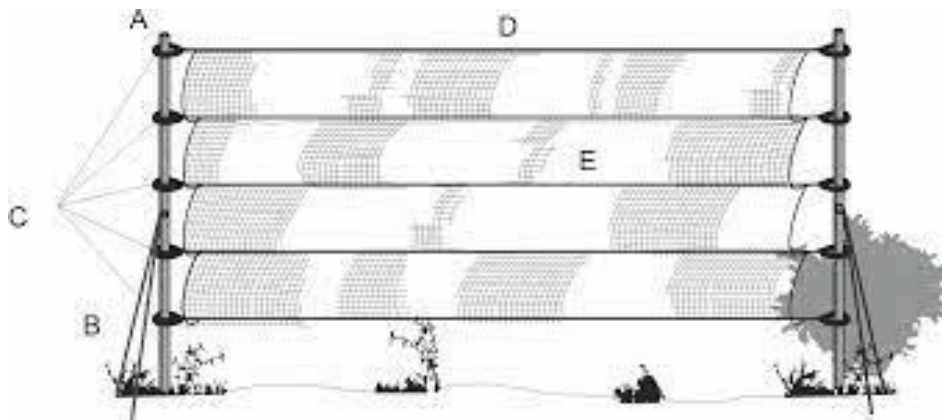


Figura 2. Red de neblina

Fuente: (Bracamonte, 2018)

De acuerdo con Pacheco et al. (2020) también se debe tener en cuenta las condiciones atmosféricas al momento de establecer las fechas de muestreo, aun cuando se ha demostrado que los ciclos lunares no tienen efecto en la actividad de los quirópteros, pero en las noches de luna llena este grupo de mamíferos voladores tienden a detectar y evitar las redes fácilmente.

Este instrumento de colecta de especies es desarmable, manual, liviano y asequible en comparación con otros métodos de estudio de murciélagos, sin embargo, presenta ciertos inconvenientes por la manipulación directa de los individuos, ya que estos pueden sufrir lesiones hasta llegar a la muerte debido al manejo inadecuado de los mismos, en el caso de las hembras preñadas puede provocar un aborto espontáneo (Guevara *et al.*, 2015).

Al ser un método convencional, se han realizado varios trabajos con esta técnica, Lanchipa y Aragón (2018) por ejemplo, en su estudio emplearon cuatro redes de neblina para capturar especies, sin embargo, el número de redes utilizadas puede variar de acuerdo con el sitio a estudiar; para Vargas et al. (2008) es esencial registrar todos los datos disponibles para cada individuo como el sitio de muestreo, tipo de hábitat, medidas corporales estándar para cada individuo (longitud total, cola, pie, oreja, antebrazo y trago), peso, sexo y edad.

Respecto al análisis de datos, para evaluar la biodiversidad en un área determinada se emplean índices de diversidad, según Pacheco y Noblecilla (2019) la diversidad alfa se define como la riqueza de especies de una comunidad en particular y se estima mediante el índice de dominancia de Simpson ($1/D = 1/\sum p^2$), que tiene una variación entre 0 y $[1/S]$ y el índice de Shannon: ($H' = -\sum p \ln p$), que varía de 0 al logaritmo natural del número de especies. Por su parte, Durán y Pérez (2015) recomiendan utilizar los estimadores de riqueza Jack-knife Mean 1 y 2 si se desea conocer la representatividad del muestreo, dado que éstos estimadores son aptos para organismos migratorios y para estimar la cantidad de especies a registrar si los muestreos fueran mayores, el software más común para analizar dichas estimaciones es EstimateS (Roncancio y Estévez, 2007).

2.1.12 Métodos acústicos para identificación de murciélagos

Según Rivera (2011) el estudio de murciélagos se ha hecho tradicionalmente mediante redes de neblina, trampas arpa y búsqueda de refugios, pero estos métodos excluyen que la susceptibilidad de captura varía según la especie. Ossa (2010) menciona que el monitoreo con grabadoras de ultrasonido ha resultado ser un gran complemento para el método más común como son las redes de neblina, dado que posibilita reconocer especies a través de vocalizaciones ultrasónicas. Actualmente los métodos acústicos ofrecen algunas ventajas, ya que además de no ser una técnica invasiva para el área de estudio, se adapta a modelos estadísticos para evaluar la diversidad de especies, pues con la ayuda de equipos, programas y ordenadores es posible el procesamiento de información sonora y el estudio de sonogramas que con posterioridad son interpretados para obtener resultados relevantes de las vocalizaciones (Herrán y Muñoz, 2013).

Los métodos de detección ultrasónica han presentado varios avances con el pasar de los años, así como también los diferentes softwares para el análisis de sonidos (Lisón, 2011), lo cual ha facilitado llevar a cabo estudios sobre la distribución de las especies, diversidad de las comunidades, patrones de actividad, uso de hábitat, la influencia de las diversas condiciones ambientales sobre las especies, estrategias de alimentación de quirópteros insectívoros y por último la relación entre los

sonidos de ecolocalización y los niveles de complejidad estructural en la vegetación (Tuneu *et al.*, 2020).

Actualmente se dispone de diversos procedimientos que permiten convertir los sonidos de ecolocalización en frecuencias audibles por humanos o digitalizarlos en frecuencias altas para que las señales puedan ser grabadas y analizadas; sin embargo, todas las técnicas presentan limitaciones y entender cómo funcionan es necesario para una interpretación adecuada (Rizo *et al.*, 2017). Los detectores suelen transformar las frecuencias ultrasónicas mediante tres técnicas: heterodinaje, división de frecuencia y extensión de tiempo, estas tecnologías posibilitan escuchar las ondas ultrasónicas que emiten los quirópteros y almacenarlas en un sistema de grabación acoplado a ese rango de frecuencia audible (Avila y Guillén, 2007).

Estos métodos acústicos corresponden a equipos detectores de ultrasonido y grabadoras portátiles y fijas (Pettersson D240X Ultrasound Detector, D500X Ultrasound Detector/Recorder, Song Meter SM4BAT FS &ZC, FR125-III Recorder), ya que permiten observar las llamadas completas al incluir todos los armónicos (Ossa, 2010; De la Cruz, 2019). Los equipos ya mencionados funcionan en modo de muestreo continuo y automático, cada vez que un quiróptero se interpone al micrófono se gatilla e inicia la grabación, estos datos son almacenados en una memoria externa en formato Waveform (WAV) (Rivera, 2011).

Según Gómez (2006) la actividad de los quirópteros se evalúa con la cantidad de pulsos y secuencias por unidad de tiempo, un pulso es una vocalización simple producida por un quiróptero, en cambio una secuencia es una serie de pulsos que se repiten con frecuencia. Barboza *et al.* (2006) señala que para obtener un sonograma que pueda ser analizado es necesario convertir las llamadas de tiempo real a tiempo extendido con ayuda del software AvisoftSASLab Pro 4.52. Las mediciones de las llamadas se pueden clasificar dentro de familias por sonotipos manualmente de acuerdo con los parámetros visuales, parámetros espectrales y claves dicotómicas para los sonogramas (Rivera, 2011).

Para el procesamiento de datos e identificación de llamadas de referencia, Trejo (2011) consideró que las medidas cuantitativas más adecuadas a utilizar son la duración, ancho de banda y frecuencias (alta, baja, inicial, final, de máxima energía

y de punto de inflexión). Por su parte, De la Cruz (2019) recomienda calcular el promedio y desviación estándar de los parámetros registrados para cada llamada y realizar un Análisis de Componentes Principales (ACP) para dividirla en grupos similares y completar con el análisis discriminante (AD) que permitirá confirmar a que sonoespecie pertenecen los sonotipos (Tinajero, 2017).

2.1.13 Interpretación de los sonidos emitidos por los murciélagos

La información que contiene el sonido emitido por los quirópteros puede representarse gráficamente de diferentes formas, el espectrograma es una de las más conocidas ya que es una figura en un plano cartesiano donde el eje x representa el tiempo y generalmente adopta la medida en milisegundos, mientras que el eje y representa a la frecuencia del sonido emitido por los murciélagos a lo largo de la llamada medida en kHz, además dentro de esta figura espectral se puede distinguir un factor muy importante al momento de la caracterización de la forma de los sonidos y los tipos de llamadas que emiten estos animales, formando así señales de frecuencias propias para su correspondiente identificación (Villegas *et al.*, 2018).

- **Señales de frecuencia constante (FC)**

Hace referencia a un tipo de pulso cuya frecuencia no cambia durante un determinado período de tiempo (Martínez *et al.*, 2021), en la figura 3 (A) se puede notar que no existe variación entre la relación de frecuencia y tiempo.

- **Señales de frecuencia modulada (FM)**

Este tipo de figuras o representaciones se refieren a un segmento de variación de frecuencias en un tiempo muy corto, pueden ser variaciones ascendentes o descendentes como se puede observar en la figura 3 (B) (Martínez *et al.*, 2021).

- **Señales de frecuencia cuasi constante (QFC)**

Este tipo de señales tienden a tener cambios de modulación rápida, los pulsos suelen tener ciertas modificaciones en su estructura, estos cambios suelen ser descendentes o ascendentes e incluso pueden tener una combinación de FC y FM (Figura 3-C) (Martínez *et al.*, 2021).

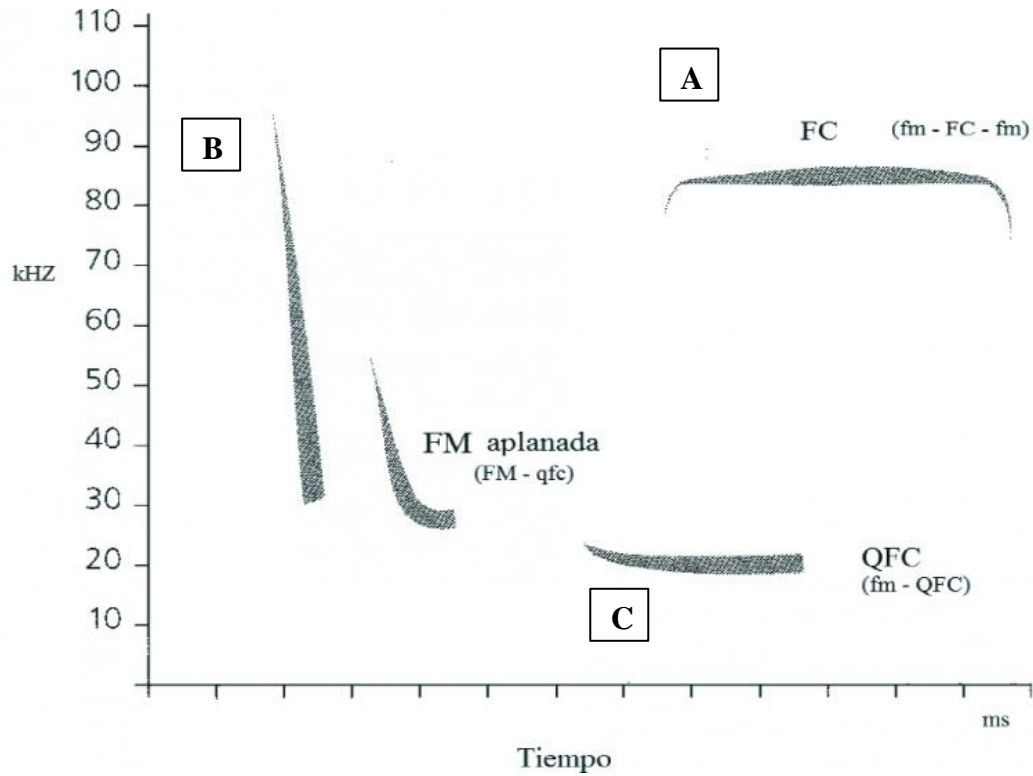


Figura 3. Tipos de señales emitidas por murciélagos

Fuente: (Nerón, 2016)

- **Armónicos**

Es un componente importante para la caracterización de una llamada que emite un murciélago, además es el parámetro primordial para identificar la especie, principalmente a nivel familiar; los armónicos pertenecen a la frecuencia secundaria que acompañan a la frecuencia fundamental y son señales multiarmónicas que ayudan a los animales a obtener más información sobre el entorno y a reconocer, clasificar y localizar presas (Villegas *et al.*, 2018).

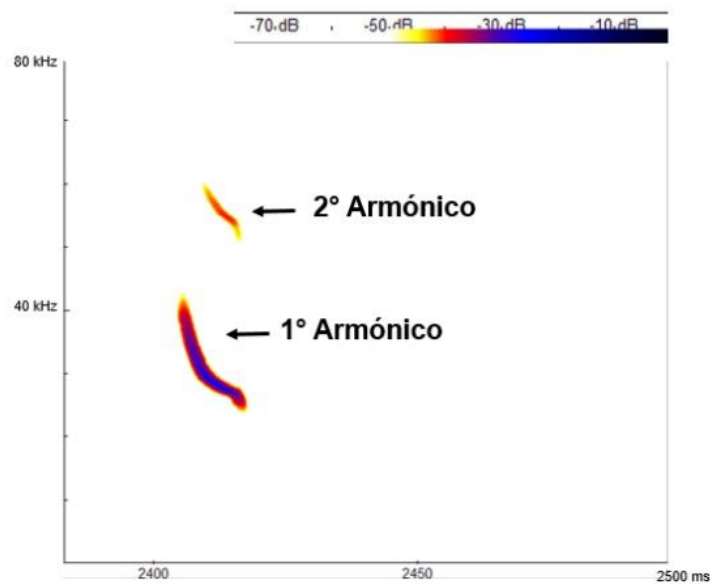


Figura 4. Visualización de pulsos con armónicos en el espectrograma

Fuente: (García y López, 2018)

- **Oscilograma**

El oscilograma es una herramienta fundamental para la caracterización del sonido, es una figura que representa la amplitud de una onda y permite calcular la duración del sonido, pulsos y llamadas, además nos permite identificar con precisión varios parámetros como frecuencia máxima (Fmax), frecuencia mínima (Fmin), frecuencia media (Fmean), necesarios para identificar especies de murciélagos con precisión (Villegas *et al.*, 2018). En la figura 5 se puede observar un oscilograma (amplitud vs tiempo) (a) y un espectrograma (frecuencia vs tiempo) (b) de los pulsos emitidos por una especie durante el vuelo.

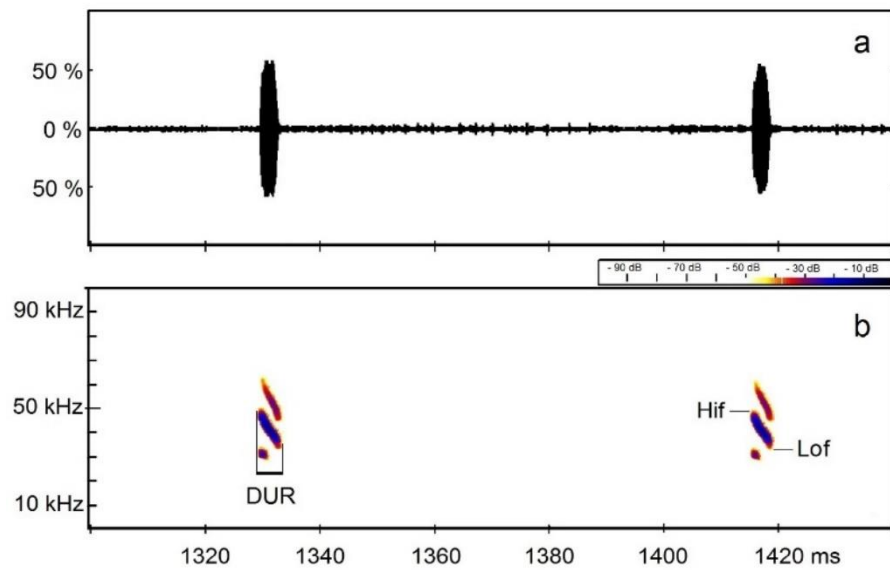


Figura 5. Pulsos de ecolocalización de la especie *Phyllostomus hastatus*

Fuente: (Kraker *et al.*, 2023)

2.1.14 Biodiversidad en lagos altoandinos

En los ecosistemas acuáticos existe una gran diversidad de flora y fauna, son considerados un lugar para almacenar carbono, filtran contaminantes, estabilizan el clima y sirven como indicadores del estado de conservación de los ecosistemas (Rueda, 2017). Castro (2011) enfatiza que, en las últimas décadas, una variedad de actividades antropogénicas insostenibles ha puesto a los humedales altoandinos bajo una fuerte presión y se han degradado rápidamente, lo que ha provocado la pérdida de sus funciones ecosistémicas.

La riqueza de especies en ecosistemas acuáticos o alrededor de los mismos viene determinada por diversos factores, incluida la conectividad de los afluentes y arroyos, tamaño del sitio, heterogeneidad y estructura de la vegetación, por lo que la protección de este tipo de ecosistemas es primordial para mantener la diversidad biológica (Guevara *et al.*, 2014). Para Santander *et al.* (2004) la presión antropogénica influye en la presencia – ausencia de especies en ecosistemas acuáticos, por ejemplo, en el lago San Pablo, varias actividades antrópicas realizadas en la orilla han provocado la reducción de hábitat adecuado para las especies al modificar la vegetación natural.

Es importante mencionar que los sistemas vegetales contiguos a cuerpos de agua forman la transición entre los hábitats terrestres y acuáticos y tienen un rol ecológico representativo respecto al mantenimiento de los servicios del ecosistema ribereño (Weisberg *et al.*, 2013). De acuerdo con Romero *et al.* (2014) estas áreas son muy diversas y permiten la formación de hábitats complejos, por lo que son aptas para realizar corredores ecológicos que conecten con bosques aislados o sitios conservados en los cuales las especies puedan moverse; en cuanto a las aves y quirópteros pueden cumplir con sus funciones ecológicas como polinización, dispersión de semillas y control de insectos.

Especies de murciélagos como *Rhynchonycteris naso*, por ejemplo, tienen sus refugios sobre ríos, arroyos y lagunas, su dieta se compone de dípteros, coleópteros y tricópteros que son capturados sobre los cuerpos de agua cercanos a sus refugios (Estrada *et al.*, 2010). Korine *et al.* (2015) considera que las condiciones del recurso hídrico es un factor determinante en la abundancia de murciélagos, por lo que es un referente en la presencia de insectos presa y macroinvertebrados bioindicadores.

Así mismo, la familia Noctilionidae abarca murciélagos pescadores del nuevo mundo, esta familia ha perfeccionado las técnicas de búsqueda y captura de alimentos al cambiar su sistema de ecolocalización (Tirira y Burneo, 2012). En la investigación realizada por Tirira y de Vries (2012) se menciona que la especie *Noctilio albiventris* de la familia Noctilionidae prefiere los hábitats relacionados con cuerpos de agua, cuanto mayor es el nivel del agua mayor es el área que utiliza la especie para su alimentación, cabe recalcar que, la presencia de esta especie es mayor en la ribera de las lagunas cuando la profundidad del espejo de agua es baja.

Cabe mencionar, que las riberas de cuerpos de agua como ríos, arroyos y lagos albergan una gran diversidad de especies vegetales y animales, por lo que, desempeña un rol esencial en el ecosistema al permitir el movimiento de animales y propágulos de plantas que son esparcidos por aves y murciélagos (Sosa y Hernández, 2023). De acuerdo con Kraker *et al.* (2013) este tipo de corredores ecológicos facilitan el movimiento de individuos en zonas con alto grado de intervención humana en donde la vegetación es escasa y los paisajes están

fragmentados por la presencia de cultivos o áreas destinadas al mantenimiento de ganado.

Para García y Abad (2014) la conectividad de áreas verdes con potencial para albergar especies vegetales o animales cercanas a lagos o ríos depende de las condiciones físicas del lugar y sobre todo de la capacidad que tienen las especies para moverse de un lugar a otro. Además, con la formación de corredores ecológicos se evita que poblaciones pequeñas se extingan localmente, la diversidad paisajística aumenta favoreciendo el mantenimiento de mayor riqueza y diversidad de especies y se reduce el efecto barrera de determinadas infraestructuras tales como carreteras o cables eléctricos, que incrementan la fragmentación del hábitat (Betancourt y Chacón, 2015).

2.2 Marco legal

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

En la Constitución de la República del Ecuador del año 2008, Título II, capítulo segundo, sección segunda, artículo 14 se declara que “la protección de la biodiversidad y los ecosistemas es de interés público, con ello se garantizara que la población goce de un ambiente sano y equilibrado en términos ambientales”. La población en general debe prevenir el daño ambiental que pueda generar las actividades que realicen los mismos, además están en la obligación de recuperar las áreas naturales que presenten degradación. Así mismo, en el capítulo cuarto, artículo 57 numeral 8, se determina que “el Estado, con la participación de las comunidades, desarrollará e implementará programas para asegurar el manejo sostenible de los recursos, la conservación y preservación de la biodiversidad”. De la misma forma, en el capítulo séptimo, artículos 71, 72 y 73 se estipula que el Estado incentivará a la población en general para que protejan la naturaleza, restauren las áreas naturales que hayan sufrido daños por actividades antrópicas y apliquen medidas preventivas, limitando las actividades que puedan provocar la extinción de especies o la destrucción de ecosistemas (Constitución del Ecuador, 2008).

Las comunidades de murciélagos se ven amenazadas por varias actividades antrópicas, entre ellas el cambio de uso del suelo, por tal razón se toma en cuenta el artículo 376 (Título VII, capítulo primero, sección cuarta) en donde menciona que “el estado es el responsable de controlar el cambio de uso del suelo, por lo que cualquier persona que atente contra la conservación del ambiente al realizar este tipo de acciones será sancionada y expropiada de las áreas”, con esto se busca conservar todo tipo de vida que exista en un área determinada y evitar que los procesos ecológicos se vean afectados (Constitución del Ecuador, 2008).

El Título VII, capítulo segundo, sección primera, artículo 395 numeral 1 establece: “El estado protegerá la biodiversidad y la capacidad natural de regeneración de los ecosistemas, asegurando que se satisfagan las necesidades de las presentes y futuras generaciones, garantizando un modelo de desarrollo sostenible”. El lago San Pablo al ser un lugar turístico debe contar con un modelo sustentable de desarrollo, la población debe aprovechar los recursos del medio para mejorar la economía, pero también conservar la biodiversidad y trabajar en la recuperación de posibles áreas afectadas por las actividades inapropiadas del ser humano, es decir, el equilibrio entre las actividades del hombre y la naturaleza es primordial (Constitución del Ecuador, 2008).

Finalmente, los artículos 396 y 397 estipulan que el estado acogerá políticas y medidas apropiadas para prevenir efectos adversos sobre el medio ambiente cuando el daño sea seguro; en el caso de destrucción ambiental, el estado procurará prevenir y controlar la contaminación, rehabilitar los espacios naturales degradados y manejar sustentablemente los recursos naturales, todo esto con el fin de evitar que los impactos y daños ambientales de un área no trasciendan (Constitución del Ecuador, 2008).

2.2.2 Tratados y convenios internacionales

- **Convenio de Diversidad Biológica (CDB) – 1992**

Este convenio presenta tres objetivos principales: proteger la biodiversidad, utilizar adecuadamente sus componentes y distribuir justa y equitativamente los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos, cabe recalcar que, los componentes de

la biodiversidad son todas las formas de vida en la Tierra, como los ecosistemas, animales, plantas, hongos, microorganismos y diversidad genética (Convenio sobre Diversidad Biológica, 1995); además, tienen como objetivo fundamental promover acciones hacia un futuro sostenible, por tanto, los ecosistemas, especies y recursos genéticos deben utilizarse en beneficio humano, pero de manera que no conduzcan a la pérdida de biodiversidad (Naciones Unidas, 2023).

2.2.3 Objetivos de desarrollo sostenible

La presente investigación está específicamente relacionada con uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, el objetivo 15 sobre “La vida en los ecosistemas de la Tierra”, que pretende proteger, restaurar y utilizar de manera sostenible los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques, luchar contra la desertificación, prevenir el desgaste de la tierra y la pérdida de biodiversidad; con este objetivo se busca restaurar la relación del hombre con la naturaleza (Naciones Unidas, 2018; Cano *et al.*, 2019).

2.2.4 Código Orgánico Ambiental

El Código Orgánico del Ambiente, Libro preliminar, Títulos I y II, artículo 3 numeral 4 y artículo 7 respectivamente, impulsan la preservación, uso sustentable y restauración de los ecosistemas y la biodiversidad. Además, enfatiza el respeto a los derechos de la naturaleza y la implementación de medidas para mitigar y adaptarse al cambio climático (Cano, 2018); así mismo, el Libro Primero del Régimen Institucional, Título I, capítulo II, artículo 17, estima que el Estado debe tener datos científicos y técnicos actualizados sobre la diversidad y por lo tanto declaran que la Autoridad Ambiental Nacional compilará estos datos con organismos públicos, privados y mixtos (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

Adicionalmente, el Libro Segundo del Patrimonio Natural, Título I, artículos 29, 30 y 31 habla sobre la importancia de la biodiversidad, la regulación de esta y el uso sostenible de todos sus componentes cabe destacar que la biodiversidad es un recurso estratégico nacional, por lo tanto, debería incluirse en los planes del territorio nacional para su conservación, ya sea *in situ* o *ex situ*; todo de acuerdo con sus características ecológicas (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

Finalmente, el Título II, capítulo I, artículo 34 da a conocer que a la Autoridad Ambiental Nacional le corresponde garantizar la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica, por lo que se encargará de fijar obligaciones y condiciones en los planes de manejo (Redacción Sociedad, 2016; Código Orgánico del Ambiente, 2017).

Capítulo III

Metodología

3.1 Descripción del área de estudio

El lago San Pablo se localiza en la parte norte de la Cordillera de los Andes ecuatorianos, a ocho kilómetros del cantón Otavalo, provincia de Imbabura, a una altitud de 2660 m.s.n.m., presenta una forma casi circular con una superficie de 6.7 Km², profundidad máxima de 35.2 m y profundidad media de 26.0 m (Gunkel, 2003). Este lago es alimentado por ocho afluentes intermitentes y un afluente permanente, el río Itambí, que aporta aproximadamente el 90% del afluente (Soria, 2010).

De acuerdo con GADP San Pablo (2014) por la ubicación de la microcuenca, la temperatura media de esta área se encuentra entre los 12°C a 19°C, las precipitaciones oscilan de 750 mm a 1000 mm anualmente y en conjunto con la temperatura se originan dos hábitats representativos como el Bosque muy húmedo Montano (bmh-M) y el Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB), además, el sector se caracteriza por presentar diferentes usos del suelo como bosques plantados, tierras agrícolas, áreas designadas para asentamientos humanos, vegetación arbustiva y cuerpos de agua naturales. La microcuenca del lago San Pablo se encuentra intervenida administrativamente por cinco parroquias, que son Otavalo, Eugenio Espejo, Gonzáles Suárez, San Rafael de la Laguna y San Pablo, pertenecientes al cantón Otavalo (Soria, 2010).

En el lago San Pablo se han realizado estudios sobre avifauna, más no de mamíferos voladores, considerando que en la ribera del lago se han venido desarrollando varias actividades antrópicas relacionadas con el turismo, existen varias áreas con iluminación artificial la cual atrae a insectos en la noche y con ello a murciélagos insectívoros. Además, las cabañas adecuadas en la ribera del lago son uno de los hábitats más comunes en los que perchan los murciélagos.

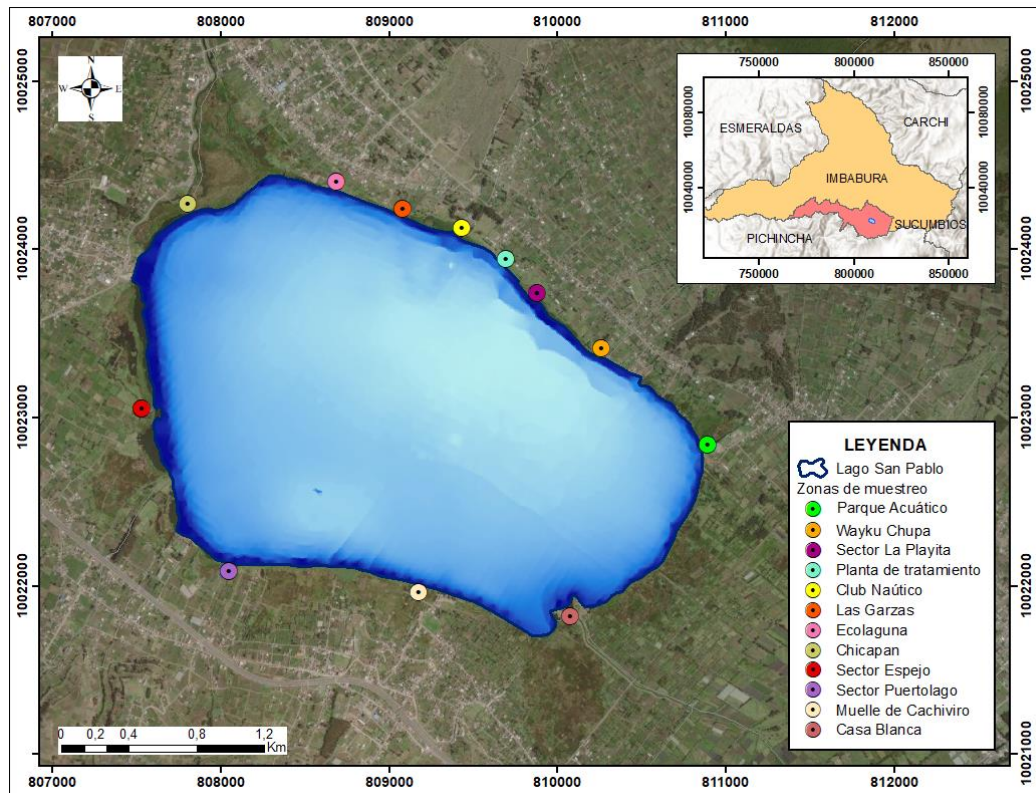


Figura 6. Ubicación del área de estudio

3.2 Sitios de muestreo

El área de estudio estuvo conformada por 12 zonas de muestreo ubicadas en la ribera del lago (Figura 6), que es una franja de protección de 50 metros contigua a las orillas o áreas pantanosas de un lago (Soria, 2010). En este caso, el lugar a estudiar se extendió hasta los 100 metros considerando la franja de protección de 50 metros y la franja de amortiguamiento de 30 metros que posibilita desarrollar corredores ecológicos conforme a las características de las áreas circundantes al lago, lo cual favorece al desarrollo de estrategias de conservación de quirópteros; además, se tomó en cuenta la dificultad de acceso a determinados lugares alrededor del lago para extender el área de estudio (López, 2012).

Dentro de las zonas de muestreo, los puntos seleccionados se ubicaron en lugares estratégicos como senderos, casas abandonadas, muelles con iluminación y vegetación, obteniendo así 54 puntos de muestreo, es decir con un mínimo de 4 puntos por zona de muestreo, dado que estos son los lugares que suelen frecuentar

los murciélagos en la noche ya sea para trasladarse de un lugar a otro o para forrajeo (Adams *et al.*, 2009).

3.3 Métodos

En el presente trabajo se utilizaron dos metodologías de muestreo de murciélagos en la ribera del lago San Pablo que se complementan entre sí, uno de ellos es las redes de neblina que es uno de los métodos más comunes a nivel global (Bracamonte, 2018). Por otra parte, los métodos acústicos que permiten reforzar aquellas limitaciones que tienen las redes de neblina, además de ser un método no invasivo para los quirópteros (Rivera, 2011).

3.3.1 Método de captura

Los muestreos se llevaron a cabo durante seis meses (agosto 2022- febrero 2023), dos noches en cada zona con el uso de seis redes de neblina (2 de 6 m, 2 de 10 m y 2 de 12 m) entre las 18:00 y las 23:00 horas; las redes se ubicaron en puntos estratégicos previamente seleccionados para obtener un muestreo significativo o representativo de la zona (Mendoza *et al.*, 2017). Las redes se revisaron cada 30 minutos para verificar si algún individuo quedó atrapado en la red, los individuos colectados se mantuvieron en fundas de tela de 10 x15 cm hasta su identificación taxonómica, misma que se efectuó con base en la clave dicotómica de Tirira (2017), para ello, se registraron en fichas de campo las siguientes características: peso, sexo, largo del antebrazo, largo de la cola y oreja y largo total; además, se incluyó datos de captura como lugar, hora de colecta y fecha (Tinarejo *et al.*, 2019). Además, con la finalidad de documentar adecuadamente la diversidad de quirópteros, se colectaron y prepararon ejemplares según los procedimientos de Camacho y Burneo (2018), por lo que fueron fijados en etanol al 70% para su preservación.

3.3.2 Método acústico

El muestreo acústico se tomó en modo de vuelo libre con seis detectores y grabadoras de ultrasonido: tres del modelo Anabat Chorus (Titley Electronics, Ltd) y tres del modelo Songmeter SM4Bat (Wildlife acoustics Inc) en los mismos sitios y horario en que se mantuvieron abiertas las redes de neblina, para coincidir con el

momento en que los murciélagos se alimentan (Tinarejo *et al.*, 2019). Este tipo de grabadoras funcionan en modo de disparo automático y muestreo continuo, que inicia con la grabación cuando un individuo atraviesa por el área en la que está el micrófono y los audios grabados se almacenan en una unidad externa en formato WAV (Rivera, 2011). Estos dispositivos se desplegaron en los sitios de muestreo priorizando ambientes con potencial de forrajeo, claros de vegetación, cuerpos de agua, etc., además fueron programados para iniciar y finalizar la grabación de los archivos si cumplían los siguientes criterios: 18 decibeles (dB), 20 kHz (Rivera, 2011; Abarca, 2016) y 0,3 segundos de duración (De la Cruz, 2019), también se ubicó el micrófono con una inclinación de 45° apuntando hacia arriba y con una separación de 50 metros cada detector de ultrasonido para reducir sesgos de duplicación de individuos (Barboza, 2006; Haddock *et al.*, 2019).

3.4 Procesamiento de datos y análisis estadísticos

3.4.1 Análisis acústicos

Los datos obtenidos y almacenados en la memoria externa se procesaron en el software Kaleidoscope versión 5.8 pro (Wildlife Acoustics Inc), cada archivo adquirido se verificó de forma manual y solo fueron seleccionadas las secuencias de llamada de búsqueda (Ossa, 2010), que tuvieron un mínimo de cuatro pulsos o llamadas, sin incluir cantos de especies diferentes, todo esto con el fin de garantizar la calidad de los audios (Rivera, 2011).

Para filtrar los archivos se cambió la calibración de BATCH en las grabadoras de ultrasonido, se procedió a la activación del factor de tiempo de expansión y extracción de ruido automático; en lo que se refiere a SIGNAL PARAMS, el rango de frecuencia fue de 8 a 120 kHz (frecuencia mínima y máxima), la duración mínima y máxima de pulsos detectados en un rango de 2 a 500 milisegundos (ms) y las demás configuraciones se dejaron por defecto; una vez filtrados los archivos, el programa midió automáticamente cada llamada y exportó los datos a un archivo de texto (De la Cruz, 2019).

Las mediciones de las llamadas se clasificaron de forma manual acorde a parámetros visuales y espectrales, dado que su forma varía según la familia, como

el número de pulsos, duración de la llamada y frecuencia máxima, mínima y media, todo esto basándose en la guía de llamadas de Arias et al. (2015) y López et al. (2016); es oportuno aclarar que en ciertas ocasiones es difícil establecer la identificación a nivel de especie, ya que depende mucho de la calidad de la llamada o las condiciones ambientales presentes, de esta manera se estableció la clasificación taxonómica inmediatamente superior para evitar una identificación errónea (Rivera, 2011). Para los análisis estadísticos se usó los pases de murciélagos o “bat pass”, que se refiere a la llamada o paso de un murciélago por el detector de ultrasonido, debido a que el uso de detectores no permite distinguir múltiples pases de ecolocalización emitidos por un mismo individuo respecto a pases individuales emitidos por diferentes individuos, se consideró que un pase es independiente uno de otro cuando este ha desaparecido y vuelve a aparecer en un espacio de tiempo superior a tres veces al intervalo del pulso del primer pase que presente un pulso terminal (Tinajero, 2017).

3.4.2 Curvas de acumulación de especies

La riqueza de especies del lugar de estudio se determinó al realizar el conteo de las especies capturadas por redes de neblina, así como las registradas por monitoreo acústico (Escalante, 2003). Se generó una curva de acumulación de especies en el software EstimateS 9.10 para determinar si el esfuerzo de muestro es correcto, para esto se utilizó la acumulación de especies de los valores reales y se calculó los estimadores de riqueza ACE mean y Chao 1, que requieren datos de abundancia (Durán y Pérez, 2015).

3.4.3 Análisis de diversidad

El índice de equidad Shannon-Wiener (Ecuación 1) sugerido por Moreno (2001) se empleó para caracterizar la diversidad, al tener en cuenta la abundancia de cada especie y cómo se distribuyen todas las especies muestreadas, contribuyendo a medir la biodiversidad específica de quiroptero fauna existente en la zona de estudio. El software PAST se usó para calcular este índice.

$$H = - \sum_{j=1}^S p_i * \ln p_i \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

H = Índice de Shannon – Wiener

p_i = Abundancia Relativa

ln = Logaritmo natural

Respecto a la diversidad beta se usó el índice de Sorensen para datos cuantitativos (Ecuación 2) recomendado por Villarreal et al. (2004), mismo que describe la similitud estructural y abundancia de especies de murciélagos en dos muestras, con dicho índice se relacionó la abundancia de las especies comunes con la abundancia general del área de estudio.

$$IS = \frac{2pN}{aN+bN} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

aN = número total de individuos en el sitio A

bN = número total de individuos en el sitio B

pN = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios.

3.5 Zonificación de la ribera del lago San Pablo con base en la diversidad de quirópteros.

Una vez obtenidos los datos de diversidad de quirópteros presentes en la ribera del lago San Pablo, se procedió a realizar un mapa de zonificación para la conservación de la quiropterofauna que frecuenta el área de estudio mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Cavazos, 2010; López, 2012).

Para zonificar la ribera del lago se emplearon datos de riqueza, abundancia y densidad relativa de quirópteros presentes en las zonas muestreadas, para ello se adoptó la metodología utilizada por López (2012), la cual se basa en la ponderación de los datos obtenidos durante la investigación de campo para determinar la prioridad de conservación de cada zona (Tabla 1); esta metodología fue diseñada por personal calificado del Gobierno Provincial de Imbabura en conjunto con Aves y Conservación y la Universidad Técnica del Norte para el estudio de avifauna en

el lago San Pablo misma que fue adaptada para realizar la zonificación de la ribera del mismo lago con base en la diversidad de quirópteros.

Cabe mencionar que, con esta zonificación ecológica se busca identificar los sitios prioritarios de refugio y alimentación para las especies de quirópteros que permitan orientar y optimizar los esfuerzos de conservación de estos. A continuación, se presenta una tabla con los diferentes rangos de riqueza, abundancia y densidad relativa, así como también los valores de ponderación que permitirán conocer las zonas con mayor relevancia en términos de conservación.

Tabla 1. Valores de ponderación para la zonificación del lago San Pablo

Valores de Ponderación					
Rango Riqueza	Valor de Ponderación		Rango Abundancia	Valor de Ponderación	
4 - 7	Baja	1	10 - 24	Baja	1
8 - 13	Media	2	25 - 88	Media	2
14 - 20	Alta	3	88 - 149	Alta	3
Rango Densidad Relativa	Valor de Ponderación		Registros Importantes		
0,8 - 4,5	Baja	1	Ausencia	0	
4,6 - 8,6	Media	2			
8,7 - 12,5	Alta	3	Presencia	3	
Rango Prioridad de Conservación					
Rango	Prioridad de Conservación				Sumatoria
9 - 12	1				Alta
6 - 8	2				Media
3 - 5	3				Baja

Fuente: Adaptado de López (2012).

3.5. Determinación de sitios adecuados para un corredor ecológico en la ribera del lago San Pablo.

Los corredores ecológicos creados por las personas suelen ser franjas verdes o cinturones ecológicos que se establecen conscientemente para conectar reservas naturales o áreas de interés, mismos que, favorece la restauración de los servicios de los ecosistemas, como la polinización de plantas y el control de plagas (Martínez, 2014). La zonificación del área de estudio realizada con base en la diversidad de

especies será una herramienta esencial para la conectividad de áreas de interés que permitan la movilidad de las especies alrededor del lago San Pablo.

El trazado del corredor ecológico se obtuvo mediante el algoritmo costo-distancia perteneciente al software ArcGis 10.8, según Molero (2007), esta herramienta permite determinar el costo acumulado que existe en el desplazamiento desde un punto de inicio y otro final tomando en cuenta las rutas de máxima conectividad entre las áreas de interés, además esta metodología está acompañada de técnicas como la reclasificación y superposición de mapas con el fin de crear un *raster* de superficie de fricción o dificultad de desplazamiento. Puebla et. al (2020) define a la superficie de fricción como una representación gráfica de la distribución de las interacciones de varios factores dentro de un área de estudio.

Para la elaboración del trazado se tomó en cuenta principalmente el área que abarca toda la cuenca del lago San Pablo ya que mientras mayor sea la extensión del terreno se obtiene más información de este, las variables territoriales como la expansión urbana y asentamientos locales, índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y pendiente del terreno.

- **Crecimiento urbano**

De acuerdo con Puebla et. al (2020) el crecimiento urbano puede explicar en gran parte la distribución de las especies dentro de un territorio geográfico, por lo que se lo ha considerado como factor importante para la creación de la superficie de fricción, para la preparación de esta variable se tomó en cuenta el *shapefile* de centros poblados obtenido de la carta topográfica de San Pablo del Lago, al introducir esta capa en el software ArcGIS 10.8 se ejecutó la herramienta *Spatial analyst tools* → *Distance* → *Euclidean Distance*, para obtener una distancia euclídea que representa una variable cuantitativa que contiene información sobre la proximidad de la distancia a poblados o zonas urbanas en tipo *raster*, además se realizó una reclasificación del mismo, obteniendo veinte clases y asignándole un valor a cada una que va de 5 a 100, siendo 5 el valor de mayor interés para el diseño del corredor.

- **Índice de vegetación de diferencia normalizada**

La vegetación es un elemento primordial para la caracterización de un ecosistema, por esta razón la variabilidad de este factor influye directamente en el desarrollo anormal del medio ambiente (Segura et. al, 2019), de tal forma que este factor fue considerado para el diseño del corredor. Para el cálculo del NDVI se debe aplicar la fórmula que muestra la Ecuación 3, básicamente se trata de una relación entre la banda del rojo (R) y la banda del infrarrojo cercano (NIR), el resultado de este índice genera valores entre -1 y 1, siendo los valores más cercanos a 1 aquellos que representan una cobertura relativamente sana (Vargas, 2017).

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad \text{Ec. (3)}$$

Se obtuvo la imagen satelital tipo LANDSAT 8, del portal web USGS Earth Explorer para posteriormente analizarla dentro de ArcGIS 10.8, para la clasificación de los rangos de este índice se tomó en cuenta los valores que plantea Segura et. al (2019) con una modificación adaptada a este trabajo como se muestra en la tabla 2. De esta manera se consideró las clases mayores a 0,1 como sitios idóneos para el trazado inicial del corredor.

Tabla 2. Rangos de clasificación para la cobertura de tierra según NDVI

Clase	Valores NDVI	Descripción
1	< 0,1	Suelos sin cobertura vegetal / suelo desnudo
2	0,1 - 0,2	Suelos con vegetación mixta / vegetación dispersa
3	0,2 - 0,4	Vegetación poco densa / vegetación abierta
4	> 0,4	Vegetación densa / vegetación cerrada

- **Pendiente del terreno**

Para Velásquez et. al (2017) la pendiente es un producto valioso para el análisis de áreas importantes para la conservación, este factor está ligado a muchos modelos de procesos superficiales terrestres, tales como los deslizamientos de tierra, además es necesario incluir este factor para el análisis de dificultad de desplazamiento, ya que un terreno con mayor pendiente siempre tendrá un elevado costo ecológico. El Modelo de Elevación Digital (DEM) se obtuvo del portal web USGS Earth Explorer

y posteriormente se procesó en el software ArcGis 10.8 mediante la herramienta *Spatial analyst tools* → *Surface* → *Slope*.

- **Mapa de costo y distancia**

El algoritmo de costo y distancia necesita una superficie de fricción y esta se obtuvo mediante un promedio de los *rasters* de interés mediante la herramienta *Raster calculator* (Puebla et. al, 2020). Una vez obtenida la superficie de fricción se señala el punto de partida y el punto final del corredor verde, esto se obtiene a partir del interés del investigador, para el caso de este estudio se tomó en cuenta aquellas zonas donde es pertinente la elaboración de un corredor ecológico tomando en cuenta condiciones de asentamientos locales actuales y la zonificación obtenida, una vez definidos estos puntos se aplica el algoritmo costo-distancia, con la herramienta *Spatial analyst tools* → *Distance* → *Cost distance*, este algoritmo permite calcular para cada celda el menor costo posible acumulado en términos de tiempo y energía (Molero, 2007).

- **Trazado del corredor ecológico**

La obtención de los sitios idóneos para el corredor ecológico se la obtiene mediante la herramienta *Spatial analyst tools* → *Distance* → *Cost path*, la cual analiza la ruta que abarque los puntos de mayor importancia obtenidos de la ponderación y la reclasificación de los *rasters*, y principalmente aquellos pixeles que simbolicen un menor costo ecológico, una vez obtenida esta ruta en formato *raster* es posible transformarla a formato poli línea para el análisis de longitud esencialmente (Velásquez et. al, 2017).

3.6 Estrategias de conservación para los quirópteros de la ribera del lago San Pablo

Para establecer las estrategias de conservación de quiropterofauna presente en la ribera del lago se procedió a identificar factores antropogénicos que influyen en la presencia-ausencia de estas especies, para ello se empleó el Índice de Perturbación Humana y para establecer los programas de conservación se usó el modelo Presión – Estado – Respuesta.

- **Índice de perturbación humana**

El índice de Perturbación Humana (IPH) modificado por Kepfer (2008), se basa en el uso de datos cualitativos sobre hábitats y criterios de los investigadores que determinan el grado de impacto que cada área experimenta debido a diversas actividades antrópicas. Para reconocer los diferentes efectos negativos, cambios o perturbaciones causadas por el hombre en las zonas se empleó la ficha técnica de campo (Anexo 3) en la cual se tomó nota de todas las actividades e impactos ambientales observados en cada salida de campo.

Las actividades del hombre evaluadas en el sitio de estudio fueron: desarrollo urbano, carreteras cercanas, prácticas agrícolas, ganadería, uso de agroquímicos, presencia de monocultivos y actividades turísticas. Una vez identificadas las actividades antrópicas se asignó un valor de 1 a 10, de acuerdo con la magnitud del impacto, los valores 1, 2 y 3 corresponden a modificación leve; 4, 5, 6 y 7 con modificación moderada y 8, 9 y 10 a modificación severa Kepfer (2008), cabe mencionar que, aquellas zonas con un valor cercano a 10 presentan mayor perturbación antrópica. Para obtener el valor total del IPH de cada zona se realizó una sumatoria de los valores de cada criterio y se calculó el valor porcentual correspondiente para obtener la categorización de impacto: A (impacto mínimo), B (impacto pequeño), C (impacto moderado) y D (impacto extenso) (Saldaña y Chingal, 2017).

Tabla 3. Clasificación y rangos de perturbación humana (IPH)

Categoría de impacto	Rango	Descripción
Mínimo (A)	0-25%	Cambios con un efecto mínimo en la diversidad o calidad de hábitat, alteración mínima del paisaje.
Pequeño (B)	26-50%	Los cambios en la diversidad y el paisaje por pérdida de cobertura vegetal, actividades agrícolas y turísticas se limitan a unos pocos lugares.

Moderado (C)	51-75%	Cambios en la calidad del hábitat, la diversidad y el paisaje por pérdida de cobertura vegetal, actividades agrícolas y turísticas presentes en un número limitado de áreas.
Extenso (D)	76-100%	Cambios a gran escala, con efectos importantes en la diversidad, hábitat, paisaje y degradación ambiental por pérdida de cobertura vegetal, actividades agrícolas y turísticas

Fuente: Adaptado de Kepfer, 2008

• **Presión - estado - respuesta**

El modelo Presión – estado – respuesta (PER) creado por la OECD (1993) es una herramienta analítica destinada a clasificar o categorizar información sobre las interrelaciones entre los recursos naturales, su demografía social y actividad económica. Está basado en la lógica de causa y efecto, es decir, las actividades antropogénicas producen “presión” en el ambiente lo que altera la calidad y cantidad de la riqueza natural, lo que se conoce como “estado” y, por ende, la población “responde” a dichos cambios mediante políticas ambientales, económicas y sectoriales (Pandia, 2016).

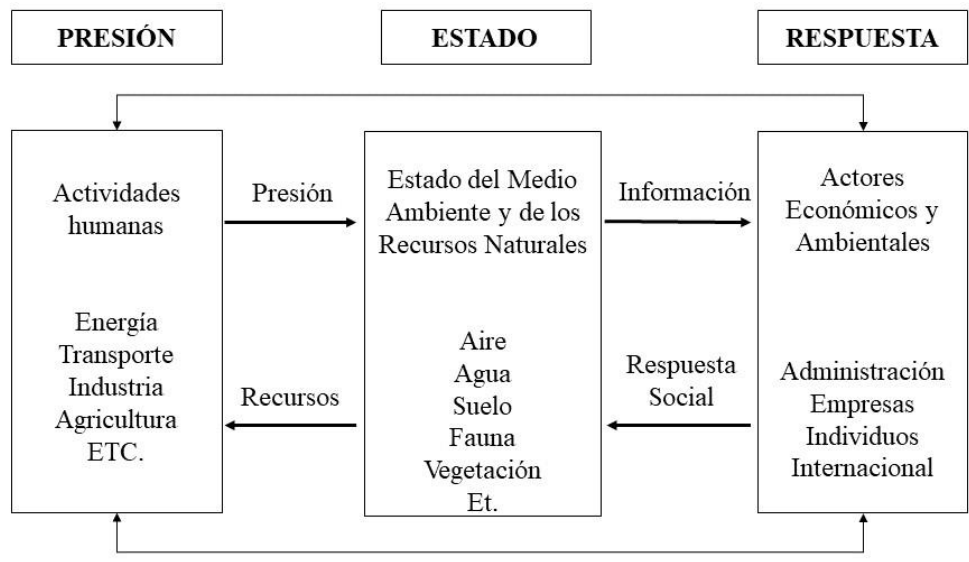


Figura 7. Esquema del modelo Presión – Estado – Respuesta

Fuente: Adaptado de OCDE, 1993, EPA, 1996

Este esquema resulta muy práctico al momento de analizar el vínculo que existe entre las condiciones ambientales y las actividades humanas y ayuda a responder tres preguntas: ¿qué está pasando con el ambiente?, ¿por qué está pasando?, y ¿qué se está haciendo al respecto? (OECD, 1993, como se citó en Vázquez y García, 2018), con la aplicación de este indicador se inició la elaboración de estrategias de conservación para quirópteros en la ribera del lago, considerando las actividades antrópicas que se analizaron en el IPH.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

4.1 Diversidad de quirópteros en la ribera del lago San Pablo

Una vez aplicadas las dos metodologías de muestreo en las doce zonas muestreadas se registraron un total de nueve especies de quirópteros representantes de las familias Molossidae, Vespertilionidae, Phyllostomidae y Noctilionidae (Tabla 4). Con las redes de neblina se capturaron 4 individuos (*Anoura peruana*) pertenecientes a la familia Phyllostomidae, mientras que, mediante el monitoreo acústico se obtuvo un esfuerzo de muestreo de seis horas por noche, dando como resultado cuatro familias identificadas, la familia Molossidae contó con cuatro especies, Vespertilionidae, registró tres especies, Noctilionidae y Phyllostomidae registraron una especie (Anexo 1). Cabe mencionar que, de las nueve especies de quirópteros registradas, solo *Anoura peruana* fue capturada mediante el método de redes de neblina al ser una especie nectarívora y tener un vuelo bajo (Galeón y Moya, 2019), a diferencia de las ocho especies restantes que se caracterizan por ser insectívoras y presentar vuelo alto, por lo que fue más factible registrarlas mediante grabadoras de ultrasonido.

Tabla 4. Riqueza de especies en la ribera del lago San Pablo

Método de captura	Familia	Género	Especies
Métodos acústicos	Vespertilionidae	<i>Eptesicus</i>	<i>Eptesicus furinalis</i>
		<i>Myotis</i>	<i>Myotis</i> sp.
		<i>Lasiurus</i>	<i>Lasiurus</i> sp.
	Molossidae	<i>Nyctinomops</i>	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>
		<i>Promops</i>	<i>Promops centralis</i>
		<i>Tadarida</i>	<i>Tadarida brasiliensis</i>
		<i>Eumops</i>	<i>Eumops</i> sp.
Noctilionidae	<i>Noctilius</i>	<i>Noctilius leporinus</i>	
Redes de neblina	Phyllostomidae	<i>Anoura</i>	<i>Anoura peruana</i>

Las familias Molossidae y Vespertilionidae intervienen en varios procesos ecológicos, uno de ellos el control biológico, convirtiéndose así en grandes aliados para combatir plagas en campos de cultivo, bosques y jardines (MMA-ONU Medio Ambiente, 2018). Sin embargo, dicho proceso ha sido afectado por una variedad de amenazas como la pérdida de hábitat, destrucción y alteración de refugios, el conflicto entre humanos y murciélagos y el uso inadecuado de sustancias tóxicas (Burneo *et al.*, 2015). En relación con lo ya expuesto, en el presente estudio se registró más especies representantes de las familias Molossidae y Vespertilionidae, dado que en la mayor parte de zonas muestreadas existe iluminación artificial lo que atrae a los insectos y por ende a los murciélagos insectívoros que se han adaptado a la perturbación humana; de manera similar, Ballesteros y Racero (2012) en su estudio obtuvieron mayor abundancia de especies de las familias Phyllostomidae y Molossidae en el área urbana debido a la presencia de iluminación artificial que atraen insectos y por la presencia de construcciones (López y Díaz, 2013). Por su parte, Jiménez y Vizhco (2015) mencionan que las especies insectívoras son más fáciles de registrar en áreas abiertas por el tipo de alimentación y por su capacidad de adaptación a medios perturbados, dado que las modificaciones de hábitats favorecen a ciertas especies y perjudican a otras, para Sampedro *et al.* (2008) los Molósidos y Vespertiliónidos se benefician de las edificaciones porque las usan de refugio y por ende sus poblaciones incrementan.

4.1.1 Análisis acústicos

Se registraron 58 988 pistas de audio durante el período de muestreo en los 54 puntos de muestreo distribuidos en las 12 zonas seleccionadas, con un recuento de 11 456 grabaciones identificadas. Se obtuvo llamadas de ecolocación en doce zonas muestreadas (Tabla 5) a partir de las cuales se determinaron las secuencias de llamadas de búsqueda. Los sonogramas de llamadas de búsqueda o llamadas de forrajeo se extrajeron de las secuencias antes mencionadas y se agruparon según parámetros acústicos para clasificarlos e identificarlos hasta el nivel de especies (Figura 8-14).

Tabla 5. Grabaciones obtenidas en las zonas de muestreo

Área	Nº de Grabaciones	Noise	Grabaciones Identificadas
Parque Acuático	3846	2225	1621
Wayku Chupa	9084	8441	643
Sector La Playita	8880	8023	857
Planta De Tratamiento	4361	3749	612
Club Náutico	8282	7172	1110
Las Garzas	4756	4053	703
Ecolaguna	6261	6050	211
Chicapan	191	60	131
Sector Espejo	1595	139	1456
Sector Puertolago	3178	1332	1846
Muelle De Cachiviro	3424	1371	2053
Casa Blanca	5130	4917	213
Total	58988	47532	11456

La zona con mayor número de grabaciones fue el Muelle de Cachiviro, seguido del Sector Puertolago y el Parque Acuático de Araque, mismos que presentaron el mayor número de individuos, sin embargo, Wayku Chupa es una de las zonas con la mayor cantidad de individuos y especies, pero el número de grabaciones identificadas fue bajo. Cabe recalcar que las especies más comunes dentro del muestreo acústico fueron *Nyctinomops laticaudatus* y *Eptesicus furinalis*, individuos insectívoros de las familias Molossidae y Vespertilionidae, respectivamente. De acuerdo con Avila y Erazo (2011) el hecho de registrar en su mayoría especies insectívoras se debe al método de muestreo empleado que en este caso fue mediante grabadoras de ultrasonido, ya que las especies de las familias ya mencionadas son insectívoras y por sus hábitos de vuelo y forrajeo no suelen caer en las redes de neblina. Por otro lado, Sampedro et al. (2008) añade que la alteración del hábitat beneficia a ciertas especies y perjudican a otras, las especies insectívoras (Molosidos y Vespertilionidos) son el claro ejemplo de ello, dado que suelen perchar en techos y tumbados por lo que se benefician de las edificaciones incrementando así su abundancia relativa.

La especie *Eptesicus furinalis* (murciélago cola de ratón grande) de la familia Vespertilionidae presenta varias características distintivas en su llamada acústica, la más significativa se presenta en los pulsos de frecuencia modulada (FM) (Figura

8), según Zhang et al. (2018), la FM empieza con una frecuencia alta, en este caso desde el eje 70 kHz y desciende rápido en un periodo de tiempo corto generalmente de 1 a 5 milisegundos hasta alcanzar el eje 30 kHz aproximadamente. De acuerdo Hintze et al. (2018) estos parámetros suelen ser similares dentro de los géneros *Eptesicus* y *Lasiurus*, la diferencia radica en los valores de la frecuencia mínima (Fmin), frecuencia media (FME) y la duración variable de la llamada, ya que para *E. furinalis* los valores son 36 kHz, 37 a 41 kHz y 5 a 11 milisegundos, respectivamente.

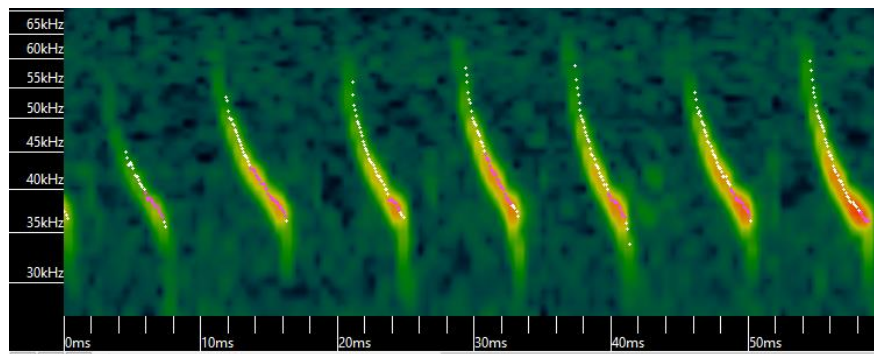


Figura 8. Sonograma correspondiente a la especie *Eptesicus furinalis*

En la Figura nueve se presenta una llamada de un individuo del género *Eumops*, algunas características generales de este género se presentan en la frecuencia modulada del pulso, la presencia de armónicos, según López et al. (2021) los armónicos son frecuencias secundarias asociadas a la frecuencia fundamental, lo que los convierte en un parámetro importante para identificar las llamadas. Para la familia Molossidae la mayor intensidad de sonido se encuentra en el primer armónico, así mismo otra característica fundamental de este género son los patrones de repetición y ritmo que presentan los pulsos, dando como resultado una variación repetitiva en las frecuencias, por último, si la FME presenta un valor menor o igual a 18 kHz se identifica como un individuo perteneciente al género *Eumops*. pero no se especifica la especie en particular, en este caso la FME del sonograma presentado tiene un valor de 17 kHz (Hintze et al., 2018).

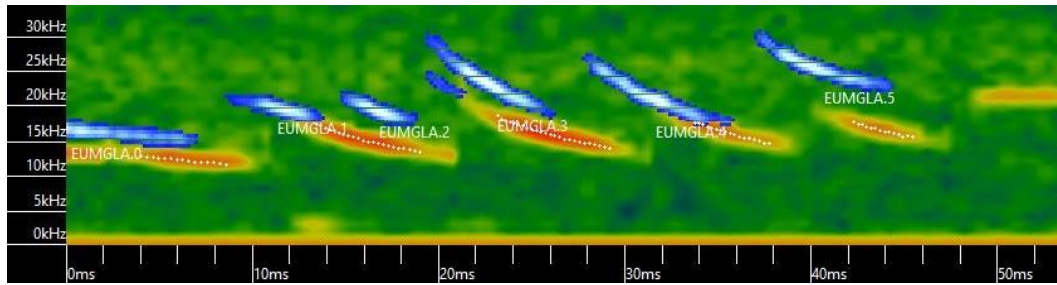


Figura 9. Sonograma de la especie *Eumpos* sp. de la familia Molossidae

En el sonograma correspondiente a un individuo perteneciente al género *Lasiurus* (Figura 10) se evidencia la presencia de FM en sus pulsos que basados en las investigaciones de López et al. (2016), pueden variar entre 20 y 100 kHz. Como menciona Hintze et al. (2018), los valores de FME para la identificación de este género se encuentran entre los 30 y 46 kHz, además de presentar un valor de duración de la llamada mayor o igual a 5 milisegundos.

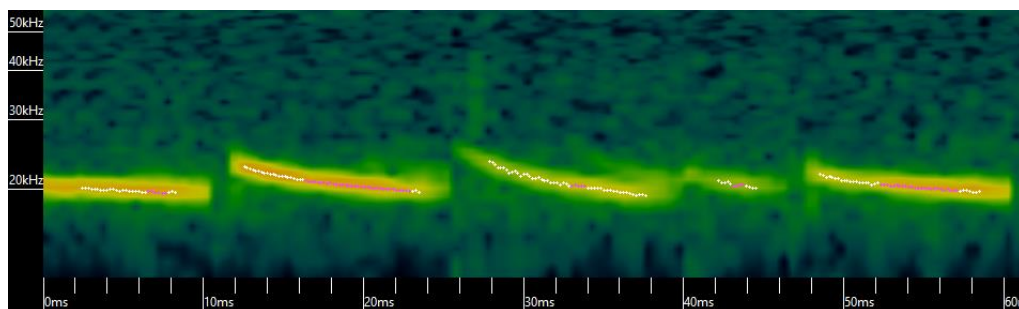


Figura 10. Sonograma correspondiente a la especie *Lasiurus* sp. de la familia Vespertilionidae

De acuerdo con Hintze et al. (2018) las llamadas pertenecientes al género *Myotis* usualmente poseen una banda ancha y la estructura de la frecuencia es modulada y muy empinada que va desde los 20 a 100 kHz, además la duración de la llamada es inferior o igual a 7 milisegundos y el valor de FME es superior o igual a 48 kHz (Figura 11). López et al. (2016), añade que otra característica principal del género *Myotis* es una terminación cuasi-constante (QFC) en su llamada. Según Jiang et al.

(2008), la QFC es un tipo de frecuencia modulada con banda estrecha, generalmente con tasas de cambios menores a 1kHz/ms.

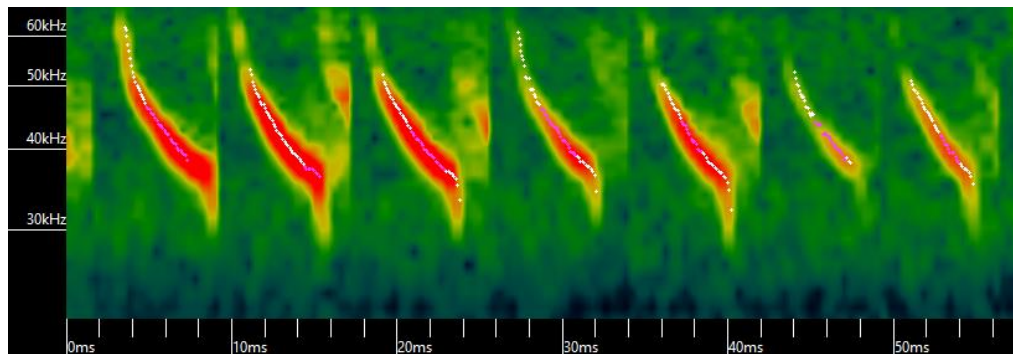


Figura 11. Sonograma correspondiente a la especie *Myotis* sp. de la familia Vespertilionidae

Respecto a la especie *N. laticaudatus* en la figura 12 se puede observar el respectivo sonograma, según Hintze et al. (2018), esta llamada presenta características importantes como su frecuencia modulada que varía entre los 25 a 30 kHz, su ancho de banda es corto que oscila de 2 a 10 kHz, sus pulsos presentan alternancia de 2 llamadas, además presenta variación de los valores de FME en cada llamada, el valor de FME_1 se encuentra entre 24 a 25 kHz y para FME_2 se encuentra entre 26 y 28 kHz.

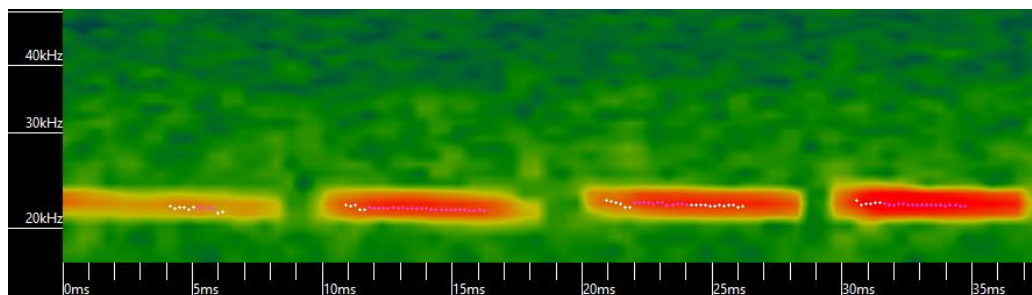


Figura 12. Sonograma correspondiente a la especie *Nyctinomops laticaudatus*

El sonograma que se presenta a continuación (Figura 13) pertenece a la especie *Promops centrales* y según López et al. (2016), la frecuencia de esta llamada tiene una combinación de constante y modulada, al pertenecer a la familia Molossidae su característica principal es la intensidad en el armónico fundamental. Hintze et al.

(2018), menciona que los parámetros para la identificación de esta especie se basan en la forma constante y la terminación modulada ascendente, el valor inicial de la frecuencia es de 25 a 27 kHz y el valor final es de 28 a 30 kHz, el valor de FME es de 28 kHz con una duración de llamada mayor a los 10 milisegundos.

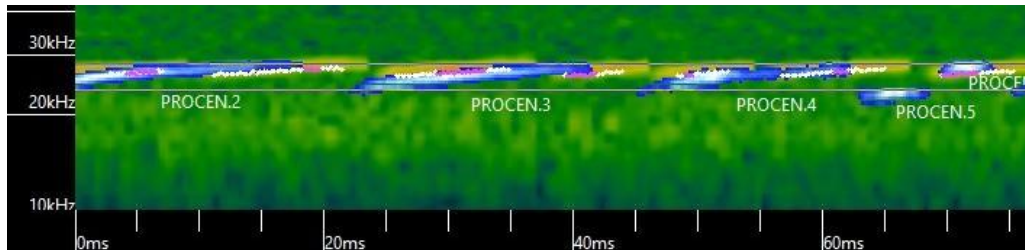


Figura 13. Sonograma correspondiente a la especie *Promops centralis*

Finalmente, se presenta el sonograma correspondiente a *T. brasiliensis* de la familia Molossididae (Figura 14), de acuerdo con Hintze et al. (2018), para la identificación de esta especie es necesario identificar la intensidad de sonido en el armónico fundamental, además de su frecuencia modulada de ancho de banda corto que va de 20 a 45 kHz, además se puede identificar la alternancia que se presenta entre los pulsos. López et al. (2016), añade que para su identificación también hay que observar los valores de su FME característico entre 23 a 26 kHz.

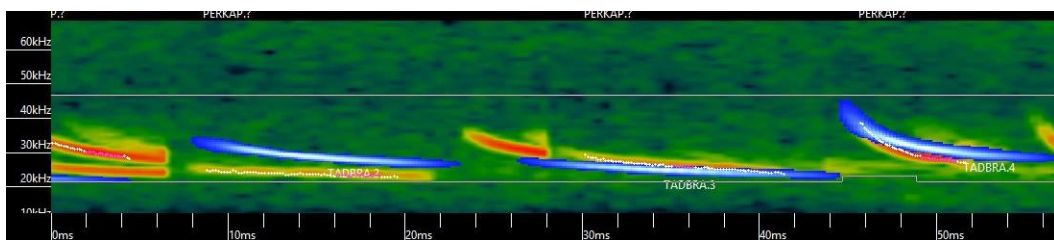


Figura 14. Sonograma correspondiente a la especie *Tadarida brasiliensis*

4.1.2 Procesamiento de datos y análisis estadístico

- **Curvas de acumulación de especies**

Los porcentajes de confiabilidad de la muestra de acuerdo con los estimadores de riqueza ACE y Chao 1 superaron el 90%, con un valor de 94,54 y 100 respectivamente, considerando que, Escalante (2003) menciona que los datos

obtenidos en el software EstimateS deben presentar al menos 85% de eficiencia para que el muestreo sea confiable.

Mediante la curva de acumulación de especies se determinó que el muestreo fue adecuado, dado que la curva estaba muy cerca de la asíntota, esto indica que el muestreo representa bien a la comunidad y la cantidad de puntos muestreados son correctos. Se utilizó los estimadores de riqueza ACE y Chao 1 recomendados por Ramos et al. (2018) en su investigación, ya que tienen en cuenta las abundancias dentro de sus cálculos y el estimador S Mean que nos proporciona la cantidad de especies observadas en promedio (Figura 15).

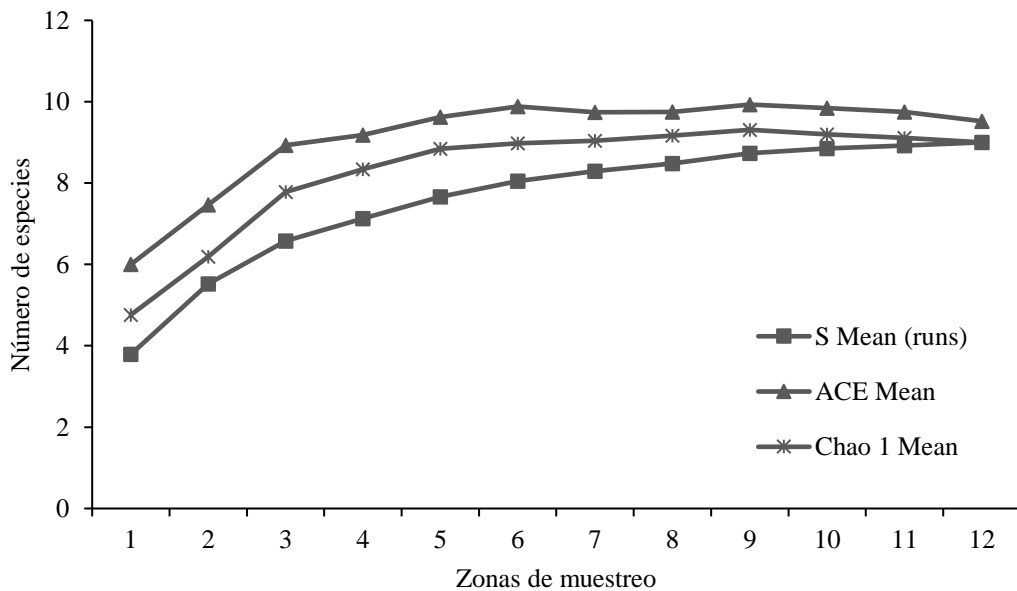


Figura 15. Curva de acumulación de especies de la ribera del lago San Pablo

En lo que se refiere a la curva rango – abundancia, la especie más común o frecuente dentro del área muestreada fue *Nyctinomops laticaudatus* de la familia Molossidae (Figura 16), que se caracteriza por estar ampliamente distribuido tanto en el mundo antiguo como el nuevo, habitando incluso bosques disturbados y zonas urbanas; en concordancia con Romero y Vallejo (2022) al ser una especie insectívora aprovechan los sitios con presencia de luces artificiales que atraen los insectos para alimentarse, razón por la cual fue registrada en todas las zonas de muestreo con presencia de contaminación lumínica.

Las grabadoras de ultrasonido empleadas para detectar la presencia de murciélagos se ubicaron en puntos estratégicos como las cabañas ubicadas a la orilla del lago, en esos puntos se registró mayor presencia de *Nyctinomops laticaudatus* (murciélago de cola ancha); de acuerdo con Ávila et al. (2002) esta especie frecuenta diferentes sitios, como cuevas, construcciones humanas o troncos de árboles; en lo que se refiere a construcciones humanas prefieren perchar bajo las tejas.

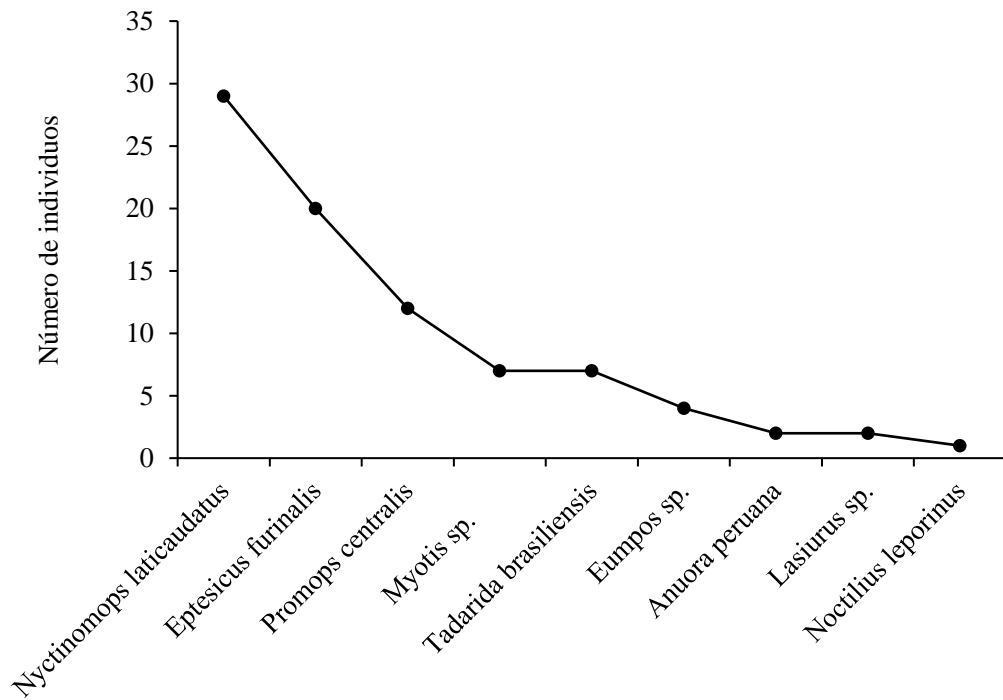


Figura 16. Curva de rango abundancia de especies

En cuanto a las especies exclusivas en cada zona muestreada, *Noctilius leporinus* de la familia Noctilionidae fue la que presentó menor abundancia, dado que fue registrada una sola vez en Wayku Chupa (Z2). Vallejo y Boada (2022) señalan que esta especie se alimenta de peces de agua dulce o salobre, aunque también se la puede considerar insectívora, se encuentran en ambientes estaurinos, bahías y lagunas donde no hay turbulencia de agua; por su parte, Salas (2010) menciona que *Noctilius leporinus* se caracteriza por ser una especie oportunista, dado que se

adapta a los cambios de origen antropogénico, razón por la cual se la ha registrado en zonas urbanas del sur de Ecuador (Álava y Carvajal, 2004).

- **Diversidad alfa**

El valor del Índice de Shannon-Wiener para el área de estudio fue de 1.777 y de acuerdo con Margalef (1972) “el índice de Shannon-Wiener oscila entre 1 y 5, los valores por debajo de 2 se entienden como baja diversidad”, por lo tanto, al tomar en cuenta ese criterio, la diversidad alfa para la ribera del lago es baja. Además, se obtuvo el valor de este índice para cada una de las zonas muestreadas (Tabla 6), en donde Wayku Chupa es la zona con mayor diversidad con un valor de 1.768, seguido por el Parque Acuático de Araque con 1.735.

Tabla 6. Diversidad alfa en las zonas muestreadas

Zonas de muestreo	Índice de diversidad (Shannon)
Parque Acuático	1.735
Wayku Chupa	1.768
Sector La Playita	1.280
Planta de Tratamiento	1.055
Club Náutico	0.673
Las Garzas	1.386
Ecolaguna	1.099
Chicapán	1.040
Sector Espejo	1.213
Sector Puerto Lago	0.562
Muelle de Cachiviro	1.547
Sector Casa Blanca	1.330

En las dos zonas con mayor índice de diversidad de Shannon (Wayku Chupa y Parque acuático) se registraron las siguientes especies *Eptesicus furinalis*, *Eumops* sp., *Nyctinomops laticaudatus*, *Promops centralis*, *Tadarida brasiliensis*, *Noctilius leporinus* y *Myotis* sp.; de todas estas especies *Nyctinomops laticaudatus* fue la más abundante. La presencia de más especies en estas dos zonas a diferencia de las demás, se debe a las características del lugar y de las especies, ya que en estas zonas se desarrollan actividades antrópicas como el turismo, por tal razón está presente la iluminación artificial, muelles y cabañas que favorecen la existencia de especies de

quirópteros que ingieren insectos y perchan en casas abandonadas. Además, cerca de las zonas ya mencionadas, se encuentra cultivos y remanentes de bosques, lo que aporta al incremento de abundancia de especies; cabe mencionar que los quirópteros insectívoros se caracterizan por tolerar ambientes altamente modificados por lo que contribuyen en la conservación y prestación de servicios ecosistémicos (Hernández *et al.*, 2021).

Por otra parte, en las zonas La Playita, las Garzas, Muelle de Cachiviro, Sector Casa Blanca, Sector Espejo, Chicapan y Ecolaguna se obtuvo valores bajos de diversidad en comparación con las zonas Wayku Chupa y Parque acuático debido a la posición de las redes de neblina y las grabadoras de ultrasonido, ya que fueron ubicadas en áreas abiertas y lejos de la iluminación artificial; cabe recalcar que cerca de estas zonas hay mayor perturbación humana por la presencia de carreteras y urbanización, además, no hay presencia significativa de vegetación que favorezca al registro de quirópteros.

Además, se realizó la prueba estadística de Shapiro-Wilk que estableció que los datos fueron paramétricos dado que el valor de p fue de 0.583 (no hay diferencia significativa entre las medianas de las muestras), así mismo, la prueba de ANOVA obtuvo un valor de $p = 0.756$ reflejando que los datos son estadísticamente significativos y existe homogeneidad de varianzas de las doce zonas muestreadas.

- **Diversidad beta**

Al comparar los sitios de estudio por medio del Índice de Similitud de Sorensen (ISS) se demostró que la similitud entre zonas es relativamente baja (Tabla 7). De acuerdo con los componentes de la fórmula que interviene en su cálculo se obtuvo que las zonas: Planta de Tratamiento (Z4) y Club Náutico (Z5) obtuvieron el valor más alto de similitud (0,40), esto indica que Z4 comparte un 40% de las especies con Z5, esto debido a la semejanza entre zonas por la alta intervención antrópica y las actividades que se desarrollan en las mismas. Con un valor de 0,38 se encuentra el sector la Playita con el Muelle de Cachiviro y con 0,33 Parque Acuático con Sector Casa Blanca, Club Náutico con Chicapan y Wayku Chupa con sector la Playita; todas estas zonas comparten una característica en común, el turismo, por lo que existe infraestructura que puede ser utilizada como sitio de

descanso e iluminación artificial lo que atrae insectos que son consumidos por quirópteros. Además, el paisaje de las zonas ha sufrido cierto grado de fragmentación por la presencia humana, por lo que la conectividad entre zonas es baja y por ende la riqueza de especies.

Tabla 7. Índice de Similaridad de Sorensen entre zonas más representativas

Comparación de zonas	ISS
Planta de tratamiento y Club Náutico	0,40
Sector la Playita y Muelle de Cachiviro	0,38
Parque acuático y Sector Casa Blanca	0,33
Club Náutico y Chicapan	0,33
Wayku Chupa y Sector la Playita	0,33

Para reforzar la información anterior, se realizó el análisis de similitud de Bray Curtis en el programa PAST mediante el método de clasificación UPGMA, mismo que se basa en identificar los pares más similares y promediar las distancias entre ellos y el resto de la cadena hasta que todas las variables estén conectadas a un único grupo (Núñez y Escobedo, 2011); con ello se demostró conexiones entre las diversas zonas muestreadas y estableció cinco grupos (I, II, III, IV, V), mismos que se formaron en función de la abundancia de especies registradas en cada zona, así como también de las características de las zonas (zonas intervenidas). El grupo I lo integran Sector Espejo (Z9) y Sector Puerto Lago (Z10) comparten la especie *Nyctinomops laticaudatus*, misma que fue registrada en todas las zonas muestreadas, además, estas dos zonas están cerca a la vía principal, la iluminación artificial está alejada de la orilla así como también la población; el grupo II incluye a Las Garzas (Z6), Sector Casa Blanca (Z12) y Parque Acuático (Z1), en este grupo se encuentra *Eptesicus furinalis*, *Nyctinomops laticaudatus* y *Promops centrales*, las tres zonas tiene en común el ser lugares turísticos y contar con la presencia de mucha iluminación artificial así como también cabañas que sirven de refugios para estos mamíferos; el grupo III reúne a la Planta de Tratamiento (Z4), Club Náutico (Z5) y Chicapan (Z8) con dos especies en común *Eptesicus furinalis* y *Nyctinomops laticaudatus*, en estas zonas existen asentamientos humanos, se desarrollan actividades de ganadería y además, se encuentran pequeñas áreas de bosque; en el

grupo IV se encuentra Sector la Playita (Z3), Muelle de Cachiviro (Z11) y Wayku Chupa (Z2) con las siguientes especies en común *Eptesicus furinalis*, *Nyctinomops laticaudatus* y *Promops centrales*, al igual que el grupo II estas zonas se caracterizan por ser lugares turísticos con presencia de iluminación artificial que atrae los insectos y por ende a los murciélagos y para finalizar el grupo V representado por Ecolaguna (Z7) en el cual la abundancia de especies fue bajo, la única especie que comparte con las 11 zonas restantes fue *Nyctinomops laticaudatus*, en dicha zona se desarrollan actividades turísticas, así que se puede encontrar cabañas e iluminación artificial.

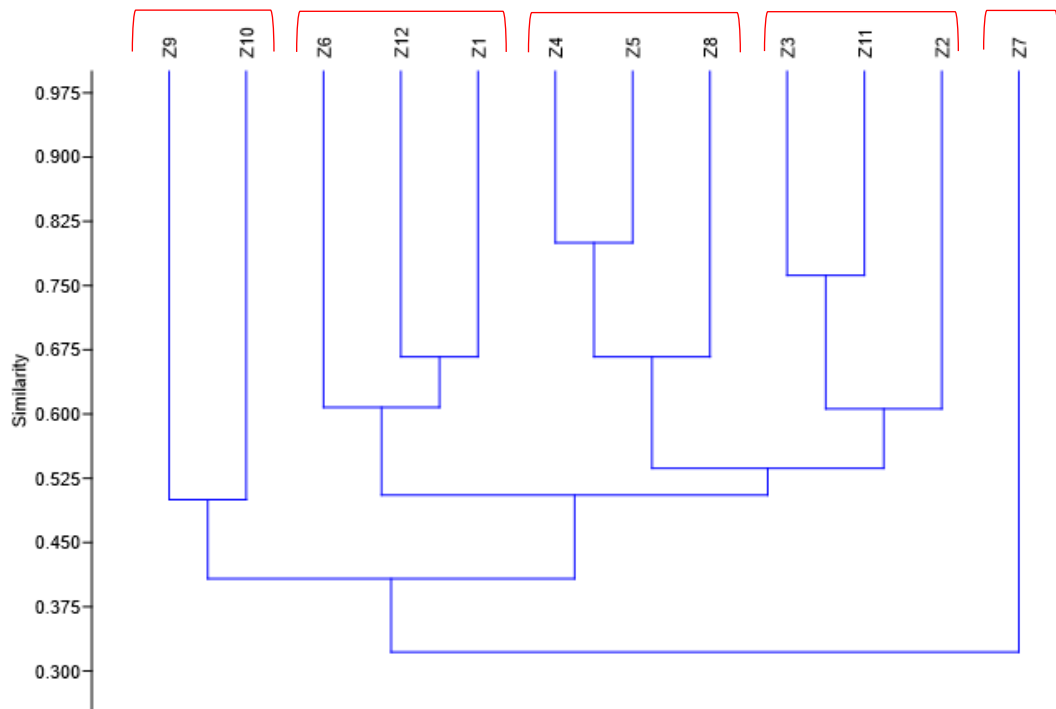


Figura 17. Dendrograma de similitud Bray-Curtis de 12 zonas muestreadas

4.2 Zonificación de la ribera del lago San Pablo con base en la diversidad de quirópteros.

El lago San Pablo brinda varios servicios ecosistémicos y económicos de los cuales se beneficia la población local, por lo que coberturas naturales presentes en la ribera del lago han sido transformadas para la construcción de infraestructura, establecimiento de cultivos y ganadería con la finalidad de obtener recursos

económicos. Sin embargo, estas actividades pueden tener efectos negativos sobre la biodiversidad de un lugar si no se realizan de manera responsable y sostenible, la pérdida de especies o el desplazamiento de estas puede llegar a ser una de las tantas consecuencias de malas prácticas ambientales o manejo inadecuado de los recursos (Aguirre, 2018). Por esta razón, es esencial conocer la diversidad de especies presentes en la ribera del lago para trabajar en su conservación, ya que las actividades antrópicas tienden a fragmentar el paisaje y por ende se pierde la conexión natural entre sitios.

En la ribera del lago se desarrollan varias actividades antrópicas, entre las cuales se encuentra el turismo, mismo que genera varios impactos en el ambiente, de acuerdo con Medina et al. (2019) el impacto generado por actividades antrópicas como el turismo en el medio ambiente dependerá de las estrategias reguladoras que se apliquen en cada sector; con la zonificación de la ribera se busca identificar las zonas que necesitan mayor conservación con base en la diversidad de especies de quirópteros e impulsar actividades ecoamigables para minimizar los impactos negativos. En la Tabla 8 se muestra los valores correspondientes a la riqueza, abundancia, densidad relativa y registros clave de murciélagos para cada una de las zonas. En cuanto a riqueza, la zona con la mayor cantidad de especies dentro de todo el muestreo fue Wayku Chupa con siete especies, seguido del Parque Acuático con seis especies. Mientras que, la zona con más número de individuos fue Wayku Chupa y el Muelle de Cachiviro con 11 individuos.

Con los datos obtenidos del estudio de campo mediante los dos métodos de muestreo (Tabla 8) se ponderaron los valores con ayuda de la matriz propuesta por López (2012) (Tabla 1) y de esa manera diseñar la zonificación ecológica para la conservación de quirópteros en la ribera del lago. En la tabla 9 se presenta los datos ponderados para la riqueza, abundancia, frecuencia relativa y registros importantes para cada zona y con ello la prioridad de conservación representada por colores en una escala alta, media y baja.

Tabla 8. Riqueza, Abundancia y Densidad de las zonas del lago San Pablo

Nº	Nombre zona	Riqueza (número especies)	Abundancia (número individuos)	Densidad relativa	Registros Importantes
1	Parque Acuático	6	9	10,7	<i>Lasiurus</i> sp.
2	Wayku Chupa	7	11	13,1	<i>Noctilius leporinus</i>
3	Sector La Playita	4	10	11,9	
4	Planta De Tratamiento	3	5	6,0	
5	Club Náutico	2	5	6,0	
6	Las Garzas	4	4	4,8	
7	Ecolaguna	3	3	3,6	<i>Lasiurus</i> sp.
8	Chicapan	3	4	4,8	
9	Sector Espejo	4	8	9,5	<i>Anuora peruana</i>
10	Sector Puertolago	2	8	9,5	
11	Muelle De Cachiviro	5	11	13,1	
12	Casa Blanca	4	6	7,1	<i>Anuora peruana</i>
Total			84		

Para los registros importantes, se tomó en cuenta aquellas especies que presentaron menor abundancia como *Lasiurus* sp. de la familia Vespertilionidae, que de acuerdo con Mancina (2011) las especies de este género se distinguen por la alimentación basada en insectos y por ser difíciles de observar en la naturaleza, razón por la cual solo fue registrada dos veces por el método acústico más no por redes de neblina. También esta *Anuora peruana* que es la única especie registrada para la familia Phyllostomidae con cuatro registros dentro de todo el muestreo que se caracteriza por ser un murciélago nectarívoro (Galeón y Moya, 2019) y *Noctilius leporinus* de la familia Noctilionidae que fue registrada una vez, cabe señalar que esta especie se alimenta de peces e insectos, por lo que suele frecuentar ríos, lagos y lagunas (Barquez *et al.*, 2008).

Tabla 9. Zonificación para conservar quirópteros presentes en la ribera del lago San Pablo

Nº	Nombre zona	Valor Ponderado				Sumatoria	Prioridad de Conservación	
		Riqueza (número especies)	Abundancia (número individuos)	Densidad relativa	Registros Importantes			
1	Parque Acuático	1	1	3	3	8	2	Media
2	Wayku Chupa	1	1	3	3	8	2	Media

3	La Playita	1	1	3		5	3	Baja
4	Planta De Tratamiento	1	1	2		4	3	Baja
5	Club Náutico	1	1	2		4	3	Baja
6	Las Garzas	1	1	2		4	3	Baja
7	Ecolaguna	1	1	1	3	6	2	Media
8	Chicapan	1	1	2		4	3	Baja
9	Sector Espejo	1	1	3	3	8	2	Media
10	Sector Puertolago	1	1	3		5	3	Baja
11	Muelle De Cachiviro	1	1	3		5	3	Baja
12	Casa Blanca	1	1	2	3	7	2	Media

Luego de realizar la ponderación de los valores se obtuvo que el Parque acuático (1), Wayku Chupa (Z2), Sector Espejo (Z9), Casa Blanca (Z12) y Ecolaguna (Z7) son las zonas con mayor puntuación (entre 6 y 8), por lo que tienen prioridad de conservación media debido al registro de especies importantes y a las actividades que se desarrollan en dichas zonas como turismo y ganadería, además cerca a estas zonas existe la presencia de bosques lo que favorece la concurrencia de quirópteros. Cabe recalcar que, el hecho de haber registrado más individuos en estas zonas se debe a que son lugares turísticos, por lo que la iluminación artificial y la presencia de cabañas fue fundamental para encontrar individuos que se alimentan de insectos, además, la actividad de quirópteros insectívoros está asociada a las características del hábitat y la existencia de cuerpos de agua es un aspecto que proporciona alta abundancia de alimentos como insectos y artrópodos (Borges *et al.*, 2021). En la opinión de López (2012) las zonas consideradas de prioridad media son adecuadas para realizar educación ambiental como estrategia de conservación. Por otra parte, las zonas con puntuación entre 3 y 5, son consideradas de prioridad baja, en este grupo se encuentra La Playita (Z3), Planta de tratamiento (Z4), Las Garzas (Z6), Club náutico (Z5), Chicapan (Z8), Sector Puerto Lago (Z10) y Muelle de Cachiviro (Z11); en estas zonas se registró menos individuos dado que están más expuestas a la perturbación humana, hay presencia de vías y no existe mucha vegetación que permita la conexión entre zonas, los asentamientos humanos son muy evidentes, por lo que la única especie que fue registrada en todas las zonas fue *Nyctinomops laticaudatus* gracias a su capacidad de adaptación.

Cabe mencionar que, la prioridad de conservación para quirópteros en las zonas de muestreo se clasificó en media y baja debido a la diversidad de especies registradas, ninguna zona muestreada obtuvo prioridad de conservación alta dado que no se registró una cantidad suficiente de especies, principalmente por tratarse de un área con alta intervención antrópica y escasa vegetación natural.

A continuación, se presenta el mapa de zonificación ecológica para preservar las especies de murciélagos presentes en la ribera del lago San Pablo con base en su diversidad.

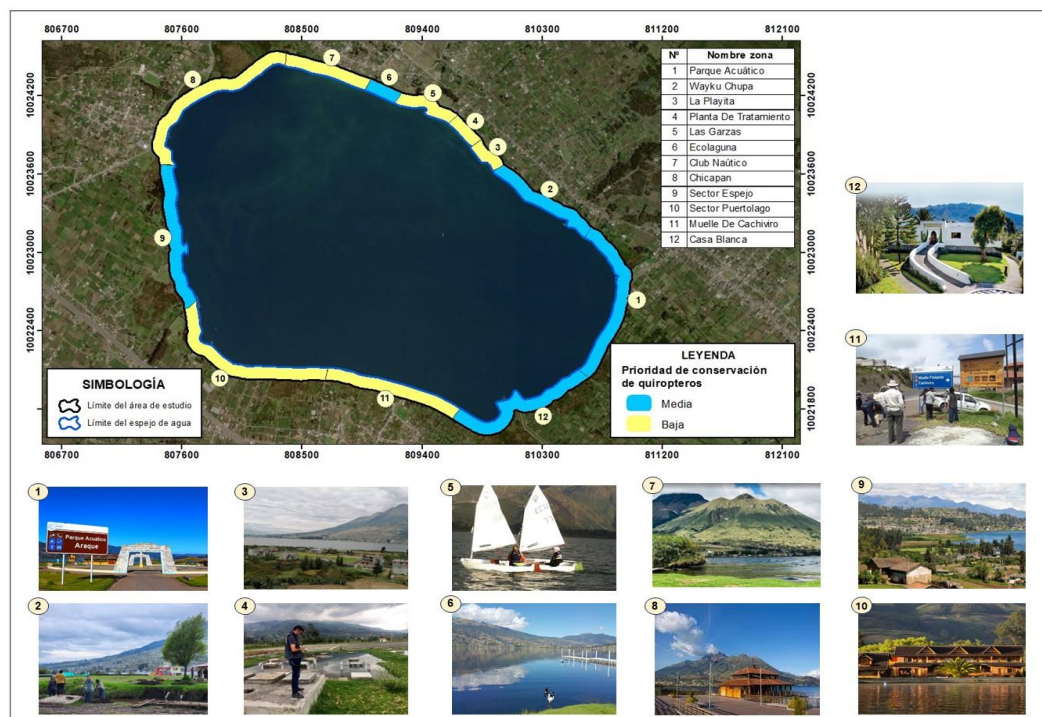


Figura 18. Zonificación para la conservación de quirópteros en la ribera del lago

Con los resultados obtenidos se evidenció que actividades antrópicas como el turismo pueden generar en el medio ambiente impactos negativos y positivos, en el caso de los quirópteros el impacto fue positivo, dado que en las zonas turísticas de la ribera del lago se registró mayor riqueza de especies. Para Arias et al. (2015) la relación entre las zonas intervenidas por el hombre y la diversidad de quirópteros radica en el tipo de intervención antrópica y las características del paisaje, en este caso las zonas turísticas cuentan con iluminación artificial que atrae insectos y por ende a quirópteros insectívoros. Las especies de quirópteros registradas en dichas

zonas presentan una característica en común, que es la persistencia y adaptación a medios intervenidos, la sensibilidad al ruido y a la contaminación visual y el tipo de alimentación es parte fundamental para la adaptación de estas especies (Dixon, 2011), cabe mencionar que las cabañas presentes en la ribera del lago crean nuevos hábitats para los quirópteros lo que facilita su adaptación a medios perturbados.

4.2.1 Determinación de sitios adecuados para un corredor ecológico en la ribera del lago San Pablo.

La metodología usada por Puebla et. al (2020) se basa en el análisis de cinco factores clave como la cobertura de uso de suelo, hidrografía, densidad de población, red vial y pendientes, ya que estas variables recogen la mayoría de elementos que inciden directamente en la conectividad de espacios naturales a nivel local, y de este modo el análisis conjunto brinda un criterio técnico para la identificación de rutas efectivas en la conectividad de espacios naturales, por otro lado, Paredes (2022) en su investigación determinó el diseño de un corredor ecológico a través de la herramienta “*Corridor Designer*” en conjunto con las variables de morfología, tipos de clima, densidad de alimentos, uso del suelo, densidad poblacional, pendiente, cuerpos de agua, vegetación y altitud, para su análisis multicriterio. Comparando estas investigaciones con el presente estudio se puede decir que existe cierta similitud al momento de escoger los variables para el diseño del corredor ecológico.

Además, Paredes (2022) también hace referencia al uso de metodologías para el diseño de corredores ecológicos, mencionando a Gis & Beers (2016), con la metodología de “*Linkage Mapper*” la cual permite los análisis territoriales vinculados a la conectividad de ecosistemas, mas no abarca un análisis completo enfocado en corredores ecológico como lo hace la herramienta “*Corridor Designer*”, la diferencia entre estas herramientas radica en que “*Linkage Mapper*” arroja un solo corredor en formato *raster* mientras que “*Corridor Designer*” genera 11 corredores, dos parches ecológicos y un *raster* de coste, lo cual permite un análisis más amplio para el diseño de estos corredores ecológicos, ambas metodologías mencionadas son aplicables a grandes extensiones de terreno, lo cual radica la presente investigación, ya que el área de estudio únicamente se delimita a

la ribera del lago San Pablo, de este modo se procede a utilizar la herramienta “*Costo-Distancia*” que según Chacón (2016) se adapta a espacios reducidos y resulta más específica al momento de analizar la conectividad de parches en base a su costo de movilización dentro de un territorio.

El anexo 6 detalla los mapas utilizados para obtener la ubicación del trazado final del corredor ecológico, empleando la metodología de costo-distancia, estos mapas son fundamentales para identificar las áreas prioritarias y los obstáculos en el trazado del corredor. La figura 19 proporciona un mapeo detallado de la ubicación y la traza propuesta para el corredor en cuestión, señalando con claridad la viabilidad para su creación. Durante la fase de investigación en campo, se pudo constatar la existencia de terrenos abiertos en las áreas que son intervenidas por el trazado del corredor ecológico, las cuales no presentan infraestructuras o viviendas frecuentes, por lo que esta condición ofrece una oportunidad técnica para la integración del diseño del corredor, que abarca un área de 54 000m². La ausencia de obstáculos importantes sugiere que la implementación de este corredor es factible y podría realizarse con menor inferencia en las zonas circundantes, además que la inclusión de este diseño en proyectos futuros se convierte en una estrategia prometedora para mejorar la conectividad ambiental y el acceso a espacios naturales dentro de las comunidades involucradas, así como también presenta un potencial significativo para fomentar la biodiversidad y proporcionar un entorno sostenible que beneficie tanto a la flora y fauna local como a los residentes de la zona.



Figura 19. Ubicación del corredor ecológico en la ribera del lago San Pablo

4.3 Estrategias de conservación

- **Índice de perturbación humana**

Se registraron en total siete actividades antrópicas en las zonas muestreadas, a cada actividad se le asignó un valor de 1 a 10, así mismo, se calculó el valor porcentual y se determinó el tipo de impacto para cada una de las zonas de acuerdo con los rangos establecidos por Kepfer (2008). En la tabla 10 se observa el valor del IPH para las 12 zonas muestreadas, el Muelle de Cachiviro (Z11) presentó el porcentaje más alto 72.86%, seguido de Parque Acuático (Z1), Sector Puertolago (Z10) y Casa Blanca (Z12) con 62.86%, Sector Espejo (Z9) (60%) y Wayku Chupa (Z2) (51.43%); las siete zonas fueron ubicadas en la categoría C (impacto severo). La zona con el valor más bajo fue Club Náutico (Z5) con 35.71%, seguido de Las Garzas (Z6) y Ecolaguna (Z7) con 41.43%, Planta de Tratamiento (Z4) (47.14%) y

Sector La Playita (48.57%); estas zonas fueron catalogadas con impacto moderado (categoría B).

En las zonas que se desarrollan actividades turísticas los valores fueron más altos, dado que, producto de esta actividad se ha modificado el entorno natural provocando la disminución de especies de flora y fauna, además la generación y mala gestión de los residuos hace que el paisaje se altere. Si bien es cierto los humedales proporcionan varios servicios ambientales al ser considerados sistemas dinámicos, ya que benefician a la población directa o indirectamente, pero, debido a la inadecuada administración y direccionamiento por parte de los gobiernos de turno se degradan de a poco principalmente por el turismo no sostenible (Cerchar *et al.*, 2018).

De acuerdo con Salazar *et al.* (2021) la actividad turística representa una importante fuente de ingresos económicos, sin embargo, puede aportar a la disminución de la riqueza natural, alteración de los paisajes y sobre todo la degradación de la capacidad de asimilación de los residuos. Sin embargo, hay especies que se han adaptado a la perturbación humana y los cambios que la misma provoca, como es el caso de quirópteros de la familia Molossidae que se alimentan de insectos y aprovechan los sitios con presencia de iluminación artificial para forrajear (Barré *et al.*, 2022).

De acuerdo con Corredor *et al.* (2012) las diferentes actividades antrópicas afectan el uso del suelo, degradan los cuerpos de agua lo que conduce a la pérdida de especies y sus hábitats. Con el IPH se identificaron algunas actividades antrópicas como la ganadería, monocultivos, contaminación del agua por uso de productos químicos y descargas residuales que influyen en la presencia – ausencia de especies de flora y fauna, esto se debe a que la presencia de agentes extraños altera los recursos suelo, agua y aire. Desde la perspectiva de Vásquez (2023), la ganadería produce la fragmentación y degradación de hábitats, lo cual altera significativamente la composición de especies, además, aumenta el desgaste del suelo que en conjunto con la presencia de monocultivos hacen que la biodiversidad disminuya (Integración y Desarrollo CESURSC, 2020).

Tabla 10. Índice de perturbación humana del lago San Pablo

Criterio de impacto	Parque Acuático	Wayku Chupa	Sector La Playita	Planta De Tratamiento	Club Náutico	Las Garzas	Ecolaguna	Chicapán	Sector Espejo	Sector Puertolago	Muelle De Cachiviro	Casa Blanca
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
Desarrollo urbano	10	5	5	5	6	3	3	10	5	5	6	6
Carreteras cercanas	8	3	3	3	3	3	3	5	5	5	7	3
Prácticas agrícolas	2	5	2	2	2	2	2	2	8	6	7	5
Ganadería	8	8	9	7	2	7	7	8	8	8	8	8
Uso de agroquímicos	2	2	2	3	1	1	1	1	3	7	7	7
Presencia de monocultivos	4	5	5	5	2	5	5	5	7	7	7	7
Actividades turísticas	10	8	8	8	9	8	8	9	6	6	9	8
Total	44	36	34	33	25	29	29	40	42	44	51	44
Valor IPH (IPH/Nº criterios *10) *100	62,86	51,43	48,57	47,14	35,71	41,43	41,43	57,14	60,00	62,86	72,86	62,86
Categoría de impacto	C	C	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C

Tabla 11. Categorización del impacto producido por las actividades humanas

Impacto leve		Categoría A
Impacto moderado		Categoría B
Impacto severo		Categoría C

Fuente: Adaptado de Saldaña y Chingal, 2017

De acuerdo con lo obtenido en el IPH, las diversas actividades antropogénicas han modificado la ribera del lago por lo cual se planteó estrategias de conservación enfocadas en la conservación de esta, así como también en el desarrollo sostenible de las diversas actividades a través del modelo Presión – Estado – Respuesta (PER). A continuación, se presentan las estrategias diseñadas para la conservación de quirópteros en la ribera del lago San Pablo.

Estrategia 1: Programa de restauración ecológica

La degradación de ecosistemas o áreas naturales es provocada principalmente por la intervención del hombre. El cambio del uso del suelo para construcción de infraestructura destinada al turismo o para fines agrícolas y ganaderos, son las principales actividades que han llevado al desgaste ambiental a la ribera del lago San Pablo y sus alrededores, dando como resultado la disminución de diversidad de especies animales y vegetales. La alteración del hábitat natural de las especies hace que estas se vean en la obligación de movilizarse en busca de sitios de forrajeo y refugio, disminuyendo su población (Romero *et al.*, 2014); cabe destacar que, las actividades antrópicas, dependiendo de su naturaleza, modifican el paisaje, por lo que algunas especies no tienen la capacidad de adaptarse y mueren, a diferencia de aquellas que presentan alto grado de adaptabilidad.

Para contrarrestar los efectos negativos de la intervención antrópica en el ecosistema se debe recurrir a estrategias puntuales como lo es la restauración ecológica, misma que se basa en regenerar o recuperar un ecosistema que ha sufrido daños ambientales (Roulier *et al.*, 2020); cabe recalcar que, la comunidad cumple un rol fundamental en la restauración de áreas naturales, por lo que se la debe vincular a este tipo de actividades para garantizar el cumplimiento de los objetivos de la restauración ecológica.

Objetivo general: Restaurar las áreas degradadas producto del desarrollo de actividades antrópicas.

Objetivos específicos:

- Reducir y prevenir la pérdida de hábitats naturales ocupados por especies de quirópteros.

- Reforestar las zonas que han sufrido modificaciones por parte de las personas con plantas adecuadas para la zona.
- Difundir información sobre métodos de restauración de ecosistemas, papel ecológico de los quirópteros y manejo adecuado de los recursos.

Tabla 12. Esquema presión – estado – respuesta y actividades del programa enfocado en la restauración de la ribera del lago San Pablo

Presión	Estado	Respuesta / Actividades	Estrategia / Técnica	Zona
Infraestructura turística Prácticas agrícolas Ganadería Uso de Agroquímicos	Cambios de uso de suelo	Reforestar los sitios degradados producto de actividades antrópicas como el levantamiento de infraestructura con plantas apropiadas como <i>Luma apiculata</i> (arrayan), <i>Tecoma stans</i> (cholan), <i>Alnus glutinosa</i> (aliso) y <i>Oreopanax ecuadorensis</i> (pumamaqui).	Planificación estratégica Participación ciudadana	Todas las zonas.
	Erosión del suelo por impacto de los turistas	Implementar sistemas agroforestales como cercas vivas con especies nativas para reducir el impacto ambiental en áreas naturales provocado por prácticas ganaderas y agrícolas.		
	Disminución de áreas naturales	Construir refugios artificiales en áreas intervenidas por el hombre para mejorar la movilidad de las especies y evitar la depredación de estas.		
	Pérdida de biodiversidad (flora y fauna)	Divulgar alternativas de control de plagas para reducir el uso de pesticidas convencionales.		
	Generación de residuos	Implementar campañas de limpieza continua en las zonas intervenidas.		
	Contaminación aire, agua y suelo	Establecer restricciones o regulaciones para actividades que puedan causar impactos al agua y al suelo.		

Estrategia 2: Ecoturismo

El ecoturismo se define como la visita de áreas naturales con el fin de estudiar, admirar y disfrutar de éstas, ya que promueve experiencias que sensibilicen al ser humano y al mismo tiempo lo eduquen sobre el funcionamiento de la naturaleza (Donohoe y Needham, 2006). Con el ecoturismo se busca minimizar los impactos negativos en el medio ambiente al promover prácticas sostenibles como el consumo el uso de energías renovables, el consumo responsable de los recursos naturales y la gestión adecuada de los desechos, además, busca equilibrar el beneficio económico con la conservación del medio ambiente y el bienestar de las comunidades locales (Honey, 2008).

Si bien es cierto, el lago San Pablo se ha convertido en un destino turístico muy popular en Ecuador ya que se ha logrado evidenciar que la zona ribereña ofrece una variedad de atractivos y actividades para los turistas, como la navegación en lancha, paseos en bicicleta, ferias de comida, muelles artesanales, entre otros. Principalmente para esta estrategia se tomó en cuenta los sitios con atractivos turísticos (muelles, cabañas) que cuentan con iluminación artificial, dado que algunas especies de quirópteros se han adaptado a los medios perturbados y aprovechan la presencia de luz artificial para alimentarse de insectos y se refugian en las cabañas. En la figura 20 se puede observar los sitios turísticos presentes en la ribera del lago como a) Parque Acuático de Araque, b) Wayku Chupa, c) Ecolaguna, d) Sector Chicapan, e) Muelle de Cachiviro y f) Casa Blanca, en los cuales se podrá desarrollar esta estrategia que tiene la finalidad de fortalecer el turismo comunitario enfocado en la conservación de la biodiversidad.

Objetivo general: Promover el ecoturismo en la ribera del lago San Pablo para la conservación de quirópteros y los recursos naturales.

Objetivos específicos:

- Proponer acciones enfocadas a la gestión adecuada del ecoturismo.
- Fortalecer el turismo comunitario enfocado en la conservación de quirópteros.

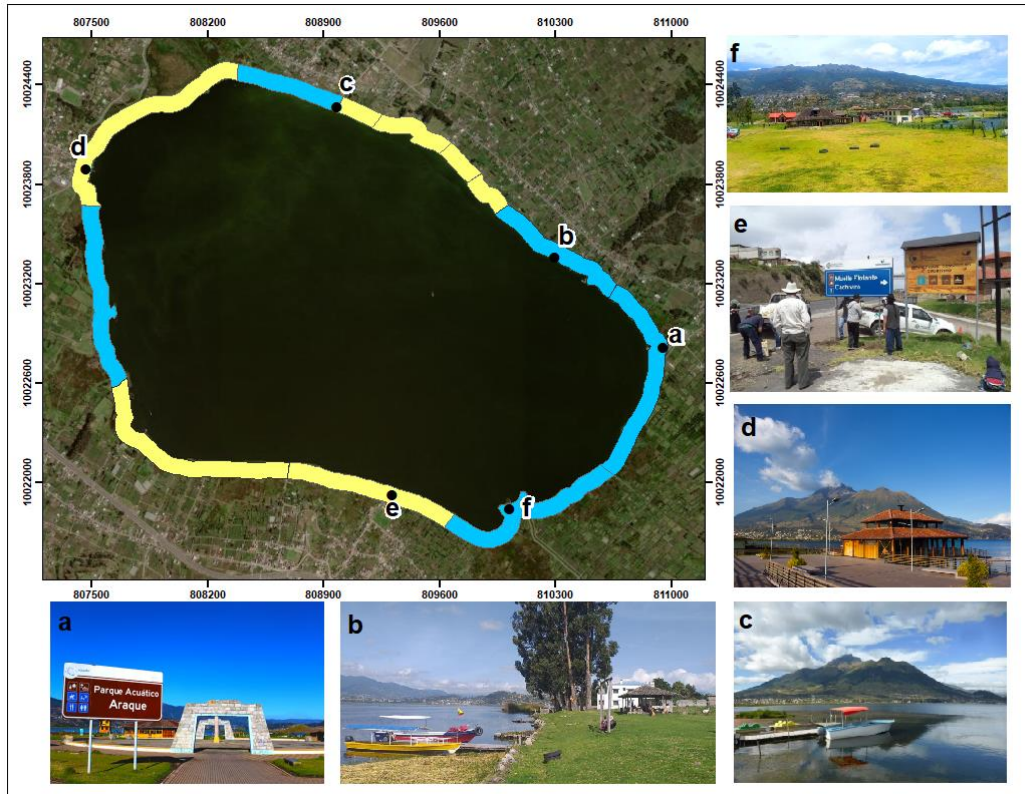


Figura 20. Sitios turísticos clave para la conservación de quirópteros

Tabla 13. Esquema presión – estado – respuesta y actividades del programa enfocado en el ecoturismo

Presión	Estado	Respuesta / Actividades	Estrategia / Técnica	Zonas
		Desarrollar actividades de ecoturismo para conservar la ribera del lago con los ingresos generados		
		Fomentar la creación de infraestructura sostenible involucrando a la comunidad con la participación de artesanos locales		
	Cambios de uso de suelo			
	Erosión del suelo	Crear un comité encargado de la gestión adecuada del corredor ecológico enfocado en el ecoturismo	Planificación estratégica	
	Generación de residuos		Educación ambiental / participación ciudadana	
Actividades turísticas	Contaminación de agua y suelo	Diseñar paneles interpretativos que proporcionen información sobre los quirópteros encontrados en el área y de esa manera brindar una nueva experiencia a los turistas locales y extranjeros	Artesanos locales	Todas las zonas turísticas
	Emisión de ruidos	Talleres de reconocimiento de las diferentes especies de murciélagos en el área a través del análisis de sus patrones de sonido y características morfológicas		
	Perturbación antrópica	Capacitar a guías turísticos locales para proporcionar información educativa sobre la biología y comportamiento de los murciélagos, así como la importancia de su conservación		
		Organizar excursiones nocturnas guiadas para escuchar, visualizar y grabar llamadas ultrasónicas de murciélagos con detectores equipos portátiles como ECHO METER TOUCH 2 FOR ANDROID		

Diseñar productos turísticos temáticos inspirados en murciélagos con material sostenible como la totora

Estrategia 3: Participación social

La participación social es un eje fundamental en la conservación de la biodiversidad, por lo que la comunidad debe ser tomada en cuenta para desarrollar actividades relacionadas con el manejo adecuado de los recursos naturales (Acosta *et al.*, 2020). Además, al involucrar a la comunidad en temas ambientales se logrará crear conciencia en la población sobre la importancia de proteger los quirópteros dado que cumplen diversas funciones en el ecosistema, pero, no han sido reconocidos como deberían, por el contrario, se enfrentan a varias amenazas unas de ellas la percepción social, debido a que han sido representados de forma negativa en la población. Por lo ya mencionado, es fundamental divulgar información veraz sobre estos mamíferos para fomentar la conservación de los mismos en los pobladores locales y visitantes.

Para contrarrestar las creencias y mitos infundados que la población tiene sobre los murciélagos, es esencial crear programas de educación ambiental, ya que la desinformación es la principal amenaza para este grupo de mamíferos voladores. Por tal motivo, los programas de participación social resultan ser estrategias esenciales para la conservación de murciélagos, ya que se puede dar a conocer los diversos beneficios ecosistémicos que brindan estas especies como es el control de insectos en cultivos, polinización y dispersión de semillas mediante actividades colaborativas.

Objetivo general: Generar conciencia ambiental en las comunidades cercanas al lago San Pablo mediante actividades colaborativas.

Objetivos específicos:

- Difundir información obtenida sobre quirópteros presentes en la zona y sus funciones ecológicas.
- Sensibilizar a la población sobre el manejo adecuado de los recursos y la importancia de proteger la quiropterofauna presente en el lago San Pablo.

Tabla 14. Esquema presión – estado – respuesta y actividades del programa de participación social.

Presión	Estado	Respuesta / Actividades	Estrategia/Técnica	Zona		
Infraestructuras turísticas	Pérdida de biodiversidad (flora y fauna)	Campañas divulgativas en las comunidades locales enfocadas en dar a conocer la importancia de conservar las especies presentes en la ribera del lago	Educación ambiental participación ciudadana (pobladores locales y turistas)	Todas las zonas		
		Eventos sociales enfocados en la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible				
Desarrollo urbano	Degradación del suelo	Difundir por redes sociales y medios de comunicación locales los beneficios ecosistémicos que brindan los murciélagos como la polinización de cultivos y la dispersión de semillas para la regeneración de áreas degradadas				
		Campamentos científicos dirigidos a niños y adolescentes				
		Contaminación aire, agua y suelo				
		Conteos anuales de quirópteros en la ribera del lago				
		Monitoreo de refugios naturales y artificiales de quirópteros				

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

En la ribera del lago San Pablo se registraron un total de 84 individuos pertenecientes a cuatro familias, nueve géneros y nueve especies: *Eptesicus furinalis*, *Lasiurus sp*, *Eumpos sp*, *Nyctinomops laticaudatus*, *Promops centralis*, *Tadarida brasiliensis*, *Myotis sp*, *Anuora peruana* y *Noctilius leporinus*; de las cuales *Nyctinomops laticaudatus* fue la más abundante. Cabe señalar que el mayor número de registro de las especies ya mencionadas se obtuvieron en las zonas con mayor presencia de perturbación antrópica, es decir aquellas en las que se llevan a cabo actividades turísticas, ya que al contar con iluminación artificial la cantidad de insectos es alta. Además, la presencia de estas especies en el lugar de estudio se debe a sus hábitos alimenticios ya que en su mayoría consumen insectos.

De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar el índice de Shannon-Wiener, la diversidad de quirópteros de la ribera del lago San Pablo es baja, dicho resultado está influenciado por el estado del área de estudio que en su mayoría están intervenidos por el desarrollo de actividades antrópicas como turismo y actividades agrícolas.

Mediante el dendrograma se logró establecer cinco grupos que tienen relación con las áreas intervenidas alrededor del lago y con las especies que comparten, *Nyctinomops laticaudatus*, por ejemplo, fue la especie más destacada dado que se la registra frecuentemente en áreas intervenidas por la gran presencia de insectos.

La zonificación del área de estudio para la conservación de quirópteros con base en su diversidad servirá como referente para impulsar la conservación de este grupo de mamíferos, así como también mejorar las técnicas empleadas para la conservación de las áreas naturales que frecuentan dichas especies.

De acuerdo con la ponderación que se realizó a los datos obtenidos del trabajo de campo las zonas que deberían ser priorizadas para la conservación de quirópteros son: Parque acuático de Araque, sector Wayku Chupa, sector Ecolaguna, y sector Espejo. Sin embargo, para conservar todo el entorno, las estrategias de

conservación se deben aplicar en todas las áreas, de esa manera se garantiza que todas las especies de flora y fauna del lugar no se vean afectadas por la actividad humana.

Las estrategias planteadas para la conservación de quirópteros están enfocadas en la restauración de áreas verdes y el trabajo con la comunidad, cada una de ellas cuenta con actividades que ayudarán a mejorar la relación entre estas especies y la población local.

5.2 Recomendaciones

Ampliar el área de estudio, así como también el uso de más redes de neblina con la finalidad de obtener mayor número de registros y extender las propuestas de conservación a más lugares.

Vincular a las nuevas generaciones en temas de conservación para evitar la pérdida de especies presentes en áreas cercanas al lago San Pablo, así como también brindar talleres al menos una vez al año sobre la importancia ecológica de las especies presentes en el área de estudio y sus alrededores.

Realizar monitoreos anuales de quirópteros presentes en el lago San Pablo para contar con una base datos que permita realizar una buena gestión del área y servir de base para futuras investigaciones o estudios de impacto ambiental.

Referencias

- Abarca, J. (2016). *Comparación de tres métodos de muestreo de murciélagos (Orden: Chiroptera) en la zona mediterránea de Chile Central*. [Trabajo de Pregrado]. Universidad de Chile.
- Adams, M., Law, B. & French, K. (2009). Vegetation structure influences the vertical stratification of open- and edge-space aerial-foraging bats in harvested forests. *Forest Ecology and Management*, 258, 2090–2100.
- Aguirre, L. (2007). Historia Natural, Distribución y Conservación de los Murciélagos de Bolivia. *Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño*. 400.
- Aguirre, L., Nassar, J., Barquez, R., Medellín, R., Navarro, L., Rodríguez-Durán, A. y Rodríguez-Herrera, B. (2014). De esfuerzos locales a una iniciativa regional: La Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM). *Ecología en Bolivia* 49:45-50.
- Acosta, P., Queiruga, A., Hernández, A. & Acosta, L. (2020). Environmental Education in Environmental Engineering: Analysis of the Situation in Colombia and Latin America. *Sustainability*, 12(18), 7239. <https://doi.org/10.3390/su12187239>
- Aguirre, Z. (2018). *Biodiversidad ecuatoriana, estrategias, herramientas e instrumentos para su manejo y conservación*. Primera edición. Universidad Nacional de Loja.
- Álava, J. y Carvajal, R. (2004). Ocurrencia de *Noctilio leporinus* (Chiroptera: Noctilionidae) en la zona urbana y alrededores de la ciudad de Guayaquil. *Chiroptera Neotropical*, 10(1-2), 183-187.
- Altringham, J. (2011). *Bats: from evolution to conservation*. Oxford University Press.
- Arias, A., Chacón, E. y Rodríguez, B. (2015). El uso de parques urbanos con vegetación por murciélagos insectívoros en San José, Costa Rica. *Mastozoología Neotropical*, 22 (2), 229-237.
- Arias, A., Hintze, F., Aguiar, L., Rufay, V., Bernard, E., João, M., Ramos, M. (2018). *Illustrated identification key to the calls of Brazilian bats*.

- Avila, J. y Erazo, O. (2011). *Estudio de distribución de micromamíferos voladores y su hábitat en el bosque protector Mazán y el bosque de Llaviuci, Parque Nacional Cajas (PNC)*. [Trabajo de Pregrado]. Universidad del Azuay.
- Avila, L. & Guillén, A. (2007). Counting bats in tropical cave roosts using a simultaneous infrared video and ultrasound detection system: an attempt in a Mexican deciduous forest hábitat. *Bat Research News*, 48, 175.
- Ávila, R., Flores, J. & Ortega, J. (2002). *Nyctinomops laticaudatus*. *Mammalian Species*, 697:1–6. [https://doi.org/10.1644/1545-1410\(2002\)697<0001:NL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1410(2002)697<0001:NL>2.0.CO;2)
- Ballesteros, J. y Racero, J. (2012). Murciélagos del área urbana en la ciudad de Montería, Córdoba - Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 17 (3), 3193–3199. <https://doi.org/10.21897/rmvz.220>
- Barboza, K., Aguirre, L. y Kalko, E. (2006). Protocolo estandarizado para obtener el registro y el análisis de las llamadas emitidas por murciélagos. *Ciencia y tecnología*, 5, 9- 13.
- Barboza, K., L.F. Aguirre & E.K.V. Kalko. (2006). Protocolo estandarizado para obtener el registro y el análisis de las llamadas emitidas por murciélagos. *Revista ciencia y tecnología*, 5: 9-13.
- Barquez, R., Pérez, S., Miller, B. & Diaz, M. (2008). *Noctilio leporinus*. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2010.4.
- Barré, K., Spoelstra, K., Bas, Y., Challéat, S., Kiri Ing, R., Azam, C., Zissis, G., Lapostolle, D., Kerbiriou, C. & Le Viol, I. (2021). Artificial light may change flight patterns of bats near bridges along urban waterways. *Animal Conservation*, 24(2), 259–267. <https://doi.org/10.1111/acv.12635>
- Barré, K., Vernet, A., Azam, C., Le Viola, I., Dumont, A., Deana, T., Vicente, S., Challéat, S. & Kerbiriou, C. (2022). Landscape composition drives the impacts of artificial light at the night on insectivorous bats. *Environmental Pollution*, 292, 118394. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118394>
- Betancourt, A. y Chacón, E. (2015). Corredores Ecológicos como Estrategia para la Conservación de los Ecosistemas Boscosos de la Reserva Forestal de Caparo, Venezuela. *Interciencia*, 40(4), 275-281.

- Bohn, K., Schmidt, B., Ma, S. & Pollak, G. (2008). Syllable acoustics, temporal patterns, and call composition vary with behavioral context in Mexican free-tailed bats. *J. Acoustical Soc. Am*, 124, 1838–1848. doi: 10.1121/1.2953314
- Borges, J., Cú, J., Escalona, g. y Vargas, J. (2021). Refugios diurnos del murciélago *Rhynchonycteris naso* (Chiroptera: Emballonuridae) en Laguna de Términos, Campeche, México. *Biología tropical*, 69 (1), 274-290.
- Botto, G., Gonzáles, E. y Rodales, A. (2019). Conservación de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) de Uruguay: estado actual y perspectivas. *Mastozoología neotropical*, 26(1), 49-64.
- Bracamonte, J. C. (2018). Sampling protocol for the estimation of bat diversity with mist nets in ecological studies. *Ecologia Austral*, 28(2), 446–454. <https://doi.org/10.25260/ea.18.28.2.0.272>
- Burneo, S. F., M. D. Proaño y D. G. Tirira (eds.). (2015). *Plan de acción para la conservación de los murciélagos del Ecuador*. Programa para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito.
- Burneo, S., Proaño, M. y Tirira, D. (2015). *Plan de Acción para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador*. Programa para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito.
- Caire, W. & Loucks, L. (2010). *Mammal specimen preservation and preparation policies and guidelines*. Policies and Guidelines. University of Central Oklahoma. Natural Histpry Museum (UCONHM).
- Camacho, M. y Burneo, S. (2018). Políticas de manejo de la sección de mastozoología del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Canché, J., MacSwiney, G. y Estrella, E. (2010). Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos Neotropicales. *Therya*, 227-234.
- Cano, D., Picó, M. y Dimuro, G. (2019). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible como marco para la acción y la intervención social y ambiental. *Revista de*

- Ciencias de la Administración y Economía*, 9(17), 25-36.
- Cano, S. (2018). Análisis: principales puntos del Código Orgánico del Ambiente. *Acadconsulting*. <https://www.acadconsulting.org/analisis-principales-puntos-del-codigo-organico-del-ambiente/>
- Castro, M. (2011). *Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los páramos ecuatorianos - la experiencia en Oña-Nabón Saraguro-Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua*. EcoCiencia / Wetlands International / UTPL / MAE. Quito.
- Cavazos, M. (2010). *Informe de Zonificación Ecológica de Especies Forestales y Establecimiento de UPGF en el Estado de Nuevo León*. CONAFOR. San Pedro, Nuevo León.
- Cerchar, E., Guzmán, D. y Quiroz, E. (2018). *Evaluación de los efectos de las actividades antrópicas sobre los servicios ecosistémicos hídricos del sistema socio ecológico de las ciénegas Mata de Palma y la Pachita en el municipio de El Paso Cesar*. [Trabajo de Posgrado]. Universidad de Manizales.
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). Quito. Registro Oficial 983 de 12 de abril de 2017.
- Colorado, G., Vásquez, J. y Mazo, I. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 22(3), 379-393.
<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n3.63013>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Quito. Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008.
- Convenio sobre Diversidad Biológica. (1995). Registro Oficial 647 de 06 de marzo de 1995.
- Corredor, E., Fonseca, J. y Páez, E. (2012). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Revista RIAA*, 3(1), 77-84.
- Cueva-A., X. A., Pozo-R., W. E., & Peck, M. R. (2013). Chiroptera of Junín, with the first record of *Vampyrum spectrum* (Linnaeus, 1758) for the Province

- of Imbabura – Ecuador. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 11(8–9), 1–15.
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/view/1452/1036>
- Chacón, N. (2016) Rutas de conectividad entre las áreas protegidas del área de conservación Arenal-Tempisque bajo diferentes escenarios de cambio climático (Tesis de Maestría inédita), Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- De la Cruz, I. (2019). *Análisis de diversidad de quirópteros en el cono urbano de la ciudad de Quito-Ecuador* [Tesis de Pregrado]. Universidad Central del Ecuador.
- Dixon, M. (2012). Relationship between land cover and insectivorous bat activity in an urban landscape. *Urban Ecosyst*, 15, 683–695.
<https://doi.org/10.1007/s11252-011-0219-y>
- Donohoe, H.M. y Needham, R.D. (2006). Ecotourism: the evolving contemporary definition. *Journal of Ecotourism*. 5(3), 192-210.
- Dos reis, N., Peracchi, A., Batista, C., Passos de Lima, I. y Pereira, A. (2017). *Historia Natural dos Morcegos Brasileiros*. Technical Books Editora. 416.
- Durán, A. y Pérez, S. (2015). Ensamblaje de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en dos zonas del departamento de Sucre, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(3), 358-366.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57542699002>
- Escalante, T. (2003). ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: Ciencia y Cultura*, 14, 53–56.
<https://www.redalyc.org/pdf/294/29405209.pdf>
- Estrada, S., Meyer, C. & Kalko, E. (2010). Effects of tropical forest fragmentation on aerial insectivorous bats in a land-bridge island system. *Biological Conservation*, 143(3), 597-608.
- Feng, L., Li, Y. & Lu, H. (2013). Dynamic behavioral strategies during sonar signal emission in roundleaf bats. *Physiology & Behavior*, 122, 172–177.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.08.025>
- Firma, S. (2018). *Conservación de murciélagos: un esfuerzo internacional con gran participación de Argentina*. CONICET.

<https://www.conicet.gov.ar/conservacion-de-murcielagos-un-esfuerzo-internacional-con-gran-participacion-de-argentina/>

- Fleming, T. H., Geiselman, C. & Kress, W. J. (2009). The evolution of bat pollination: A phylogenetic perspective. *Annals of Botany*, 104(6), 1017–1043. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp197>
- Flores, M. (2008). Estructura de las comunidades de murciélagos en un gradiente ambiental en la Reserva de la Biosfera y tierra comunitaria de origen Pilon Lajas, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 15(2), 309-322. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45716284017>
- GADP San Pablo. (2014). Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia San Pablo. *Investigaciones Geográficas*, 1, 1–171. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1060014720001_PDOT_SAN_PABLO_27-10-2015_11-33-45.pdf
- Galeón, M. y Moya, I. (2019). Algunos aspectos de la historia natural del murciélago nectarívoro Anoura peruana (Chiroptera, Phyllostomidae) en el valle de La Paz. *Ecología en Bolivia*, 54(1), 5-17.
- Galindo, J. (2004). Clasificación de los murciélagos de la región de los Tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat. *Acta Zoológica Mexicana*, 20, 239-243.
- Gándara, G., Correa, A. y Hernández, C. (2006). Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos *Tadarida brasiliensis* como controladores de plagas en el norte de México. *Tecnológico de Monterrey*. EGAP, 1-18.
- García, D. (2015). *Diagnosis de las poblaciones de quirópteros cavernícolas en las islas Baleares y actuaciones emprendidas para su conservación*. Iniciativa de Recerca de la Biodiversitat de les Illes.
- García, F. y Abad, J. (2014). Los corredores ecológicos y su importancia ambiental: Propuestas de actuación para fomentar la permeabilidad y conectividad aplicadas al entono del río Cardeña (Ávila y Segovia). *Observatorio Medioambiental*, 17, 253-298.

- García, I., Pompa, S. y López, A. (2016). Ecoturismo como herramienta para promover el empoderamiento: el caso del Ejido San Francisco en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez, San Luis Potosí. *El periplo sustentable*, (32), 00001.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-90362017000100001&lng=es&tlng=es.
- Gaudioso, P., Pérez, M., Bárquez, R., Arroyo, J. & Díaz, M. (2022). Morphology of the hand skeleton of bats of the genus *Noctilio* (Chiroptera: Noctilionidae). *Zoologischer Anzeiger*, 300, 65–74.
<https://doi.org/10.1016/j.jcz.2022.08.003>
- Giannini, N., & Kalko, E. (2004). Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos*, 105(2), 209-220.
<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12690.x>
- GIS & Beers. (2016). *Linkage Mapper para corredores ecológicos*. Recuperado de <http://www.gisandbeers.com/linkage-mapper-creador-de-corredores-ecologicos/>
- Gómez, E. (2006). *Actividad de murciélagos (Chiroptera) en cuerpos de agua y su relación con variables ambientales en la reserva de la biosfera La Michilía, Durango*. [Tesis de Maestría]. Instituto Politécnico Nacional.
- González, E. y Botto, G. (2006). Refugios de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en Uruguay. *I Congreso Sudamericano de Mastozoología*, 48.
- Guerrero, J. (2018). Red Cyted – Relcom impulsa la conservación de murciélagos. *Sol de Margarita*. <https://elsoldemargarita.com.ve/movil/post/id:213068>
- Guevara, A., Salinas, N. y Romero, G. (2015). *Manual de Colecta y Guía de Identificación de los Murciélagos de Sierra La Laguna*.
- Guevara, E., Agreda, A., Mateos, J., Santander, T. y Luzuriaga, N. (2014). *Las aves acuáticas en Ecuador: estado actual del conocimiento y perspectivas a corto plazo. Resúmenes de la IV Reunión Ecuatoriana de Ornitología*. Maldonado, Carchi, Ecuador 21–24 agosto 2014. Archivos Académicos USFQ Número 3.
- Gunkel, G. (2003). Limnología de un Lago Tropical de Alta Montaña, en Ecuador: características de los sedimentos y tasa de

- sedimentación. *Revista de Biología Tropical*, 51 (2), 381-390. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442003000200010&lng=en&tlng=es.
- Gurrutxaga, M. y Lozano, P. (2009). Función y estructura de los corredores ecológicos, una revisión para su implementación dentro de la ordenación y gestión del paisaje. *Ecología*, 22, 11-21-
- Haddock, J. K., Threlfall, C. G., Law, B. & Hochuli, D. F. (2019). Light pollution at the urban forest edge negatively impacts insectivorous bats. *Biological Conservation*, 236 (September 2018), 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.05.016>
- Hernández, A. (2015). *Murciélagos. Sombras voladoras nocturnas*. Secretaria de Educación de Veracruz.
- Hernández, O., Sánchez, F. y Lizcano, D. (2021). Murciélagos insectívoros aéreos en un paisaje ganadero del piedemonte llanero colombiano. *Biota colombiana*, 22(1), 164-183. <https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a11>
- Herrán, J. y Muñoz, J. (2013). La Bioacústica: Una Herramienta Investigativa Para El Conocimiento Y Conservación De Especies De Aves Focales En Las Cascadas De Sueva. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 01(01), 1689–1699.
- Hinojosa, M., Méndez, N. & Peñuela, M. (2021). Diet and trophic structure of frugivorous bats (Phyllostomidae) in forests and chagras of the Andean–Amazon piedmont, Ecuador. *Mammalian Biology*, 101, 481–495. <https://doi.org/10.1007/s42991-021-00144-z>
- Hintze, F., Arias, A., Ludmilla, M., Rufay, V., Bernard, E. & Pereira, M. (2018). Illustrated identification key to the calls of Brazilian bats. *Mammal Research*, 42.
- Holbeck, L. H. (2020). The elevated mist-net frame: A robust and versatile manoeuvrable design for capturing upper strata birds. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(9), 1086–1091. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13425>
- Honey, M. (2008). *Ecotourism and sustainable development: Who owns Paradise?* Island Press.

- Hughes, M. J., Braun de Torrez, E. C., & Ober, H. K. (2021). Big bats binge bad bugs: Variation in crop pest consumption by common bat species. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107414. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107414>
- Hughes, M., Braun de Torrez, E. & Ober, H. (2021). Big bats binge bad bugs: Variation in crop pest consumption by common bat species. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 314, 107414. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107414>
- Huston, A., Mickleburghy, S. & Racey, P. (2001). Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan. *IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 258.
- Integración y Desarrollo CESUR SC. (2020). Monocultivo, pérdida de biodiversidad y cambio climático. *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*. <https://idp.cimmyt.org/monocultivo-perdida-de-biodiversidad-y-cambio-climatico/>
- Jiang, F., Sun, K., Jin, L., Liu, Y. & Jiang, Y. (2008). Identification of sympatric bat species by the echolocation calls. *Frontiers of Biology in China*. 3, 227-231. <https://doi.org/10.1007/s11515-008-0017-y>
- Jiménez, F. y Vizhco, M. (2015). *Estructura y composición de la comunidad de murciélagos frugívoros y polinizadores en dos bosques altoandinos del sur del Ecuador*. [Trabajo de Pregrado]. Universidad del Azuay.
- Kepfer, S. (2008). *Aves como bioindicadores de la Integridad Ecológica de la cuenca baja del Río Polochic, Alta Verapaz e Izabal*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2700.pdf
- Korine, C., Adams, A., Shamir, U. & Gross, A. (2015). Effect of water quality on species richness and activity of desert-dwelling bats. *Mammalian Biology*, 80(3), 185-190.
- Kraker, C., Santos, A. y García, J. (2013). Riqueza de especies y actividad relativa de murciélagos insectívoros aéreos en una selva tropical y pastizales en Oaxaca, México. *Mastozoología neotropical*, 20(2), 255-267.

- Kunz, T., & Lumsden, L. (2003). Ecology of cavity and foliage roosting bats. En T. Kunz y M. Fenton (Eds.). *Bat ecology*. Chicago: The University of Chicago Press, 3–89. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4655329>
- Kunz, T., Braun de Torres, E., Bauer, D., Lobova, T. & Fleming, T. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223, 1–38. 10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x
- Lanchipa, T. y Aragón, G. (2018). Ensamble de murciélagos en el valle de Ite, región Tacna, Perú. *Idesia (Arica)*, 36(1), 83–90. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292018000100083>
- Langley, L. (2021). *Ecolocalización: ¿en qué consiste el sistema de sonar de la naturaleza?*. National Geographic. <https://www.nationalgeographicla.com/animales/2021/02/ecolocalizacion-el-sistema-de-sonar-de-la-naturaleza>
- León, P. y Montiel, S. (2006). Fenología reproductiva de *Dermanura phaeotis* Miller y *Artibeus intermedius* Allen (Chiroptera: phyllostomidae) en petenes del noroeste de la Península de Yucatán.
- Lisón, F. (2011). *Clave de identificación de las llamadas de ecolocación de los murciélagos de la Península Ibérica*. Versión electrónica 1.0.
- López, A., Rocha, R., Bobrowier, P., Bernard, E., Palmeirim, J. & Meyer, C. (2016). Field Guide to Amazonian Bats. 10.13140/RG.2.2.23475.84003.
- López, D., Chun-Chia, J., Wang, y., Palmeirim, A., Gibson, L. & López, A. (2021). Bat echolocation in continental China: a systematic review and firts acoustic identification key for the country. *Mammal Research*, 66, 405-416. <https://doi.org/10.1007/s13364-021-00570-x>
- López, M. y Díaz, M. (2013). Diversidad de murciélagos (Mammalia, Chiroptera) en la ciudad de Lules, Tucumán. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(1), 234-239.
- López, Z. (2012). *Zonificación ecológica del Lago San Pablo en función de los patrones de distribución espacial y temporal de la avifauna acuática*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Técnica del Norte.
- Mancina, C. (2011). Introducción a los murciélagos. *Mamíferos en Cuba*, 123-133.
- Martínez, D., González, D., Saldaña, O. A., y Flores, J. (2020). Estructura de

- comunidades de murciélagos como bio-indicadores del hábitat en la Reserva Biológica Indio Maíz. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 34, 180–199. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i34.10015>
- Martínez, D., Sánchez, J., Zurc, D., Sánchez, F., Otálora, A., Restrepo, C., Acevedo, O., Hernández, F. y Lizcano, D. (2021). Estándares para registrar señales de ecolocalización y construir bibliotecas de referencia de murciélagos en Colombia. *Biota Colombiana*, 22(1), 36-56. <https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a03>
- Martínez, L. (2014). *Diseño de un corredor ecológico en la parroquia achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo*. [Trabajo de Pregrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Martínez, R., Alvarez, Y., Bravo, E., Montiel, C., Flores, I., Morales, P., Chiappa, X., Oyama, K., & Avila, D. (2020). Taxonomic and Functional Diversity and Composition of Bats in a Regenerating Neotropical Dry Forest. *Diversity*, 12(9), 332. <https://doi.org/10.3390/d12090332>
- Maslo, B., Mau, R. L., Kerwin, K., McDonough, R., McHale, E., & Foster, J. T. (2022). Bats provide a critical ecosystem service by consuming a large diversity of agricultural pest insects. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 324, 107722. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107722>
- Medellín, R., Wiederholt, R. & Lopez, L. (2017). Conservation relevance of bat caves for biodiversity and ecosystem services. *Biological Conservation*, 211, 45-50. [10.1016/j.biocon.2017.01.012](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.01.012)
- Medina, Y., Roldán, B. y Leyva, J. (2019). Impactos del turismo en dos Parques Nacionales y áreas aledañas de Baja California, México: el caso de Sierra de San Pedro Mártir y Constitución de 1857. *Sociedad y Ambiente*, 19.
- Mena, J. (2010). Respuestas de los murciélagos a la fragmentación del bosque en Pozuzo, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 17(3), 277 – 284.
- Mena, J. y Williams de Castro, M. (2002). Diversidad y patrones reproductivos de quirópteros en un área urbana de Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 1(1), 1-6.
- Méndoza, V. H., Horváth, A., Montoya, L. R., Escalona, G. y Navarrete, D. A. (2017). Patrones De Diversidad De Murciélagos en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Mastozoología Neotropical*,

24(2), 365–387.

- MMA-ONU Medio Ambiente. (2018). *Estudio de Caso: Determinación del Servicio Ecosistémico de Control Biológico de Plagas que prestan los Murciélagos Nativos en Agroecosistemas, en tres comunas dentro del área del Proyecto GEF Montaña*. 76.
- Molero, E., Grindlay, A. L. y Asensio, J. (2007). Escenarios de aptitud y modelización cartográfica del crecimiento urbano mediante técnicas de evaluación multicriterio. *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 7, 120–147.
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=2484974>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la diversidad*. M.T. Zaragoza: *Manuales y Tesis SEA*.
- Naciones Unidas, (2023). *Día Internacional de la Diversidad Biológica, 22 de mayo*. <https://www.un.org/es/observances/biodiversity-day/convention>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*, Santiago.
- Navarrete, J. y Zambrano, R. (2013). Valoración económica de servicios ambientales del lago San Pablo, provincia de Imbabura y análisis de escenarios en el caso de conservación y pérdida del recurso natural en el período 2011-2012 (*Bachelor's thesis*). 150.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14623/1/CD-6793.pdf>
- Novelli, D. (2020). Un equipo de investigadores detectó coronavirus en murciélagos. *Biología molecular*. <http://ria.inta.gob.ar/contenido/un-equipo-de-investigadores-detecto-coronavirus-en-murcielagos>
- Núñez, C. y Escobedo, D. (2011). Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 415-427.
- OECD. (1993). OECD core set of indicators for environmental performance reviews. OECD Environment Monographs No. 83, París

- Ortega, J. y Martínez, J. (2011). Conductas de apareamiento y agresión entre machos en una colonia de *Nyctinomops laticaudatus* (Chiroptera: Molossidae) en México. *Mastozoología neotropical*, 18(1), 95-103.
- Ossa, G. (2010). *Métodos bioacústicos: una aproximación a la ecología de comunidades de murciélagos en las eco-regiones mediterránea y el bosque templado de Chile*. May, 143.
- Pacheco, V. y Noblecilla, M. (2019). Diversidad de mamíferos en el bosque montano de Carpish, Huánuco, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 26(2), 217–226. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i2.16372>
- Pacheco, V., Pacheco, J., Zevallos, A., Valentin, P., Salvador, J. & Ticona, G. (2020). Small mammals from central Peruvian coast wetlands. *Revista Peruana de Biología*, 27(4), 483–498. <https://doi.org/10.15381/RPB.V27I4.19204>
- Palmeirim, J. y Rodrigues, L. (1991). Estatus y conservación de los murciélagos en Portugal. *Monografías del ICO-NA*, Colección Técnica, 163-179.
- Pandia, E. (2016). Modelo presión, estado, respuesta (p-e-r), para la clasificación de indicadores ambientales y gestión de la calidad del agua caso: cuenca del río Puyango Tumbes. *Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM*. 19(37), 39-46.
- Panyutina, A., Puzachenko, A. & Soldatova, IB. (2011). Morphological diversity of wing structure in Rhinolophoid bats (Chiroptera, Rhinolophoidea). *Biology Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 38(7), 679-694. [10.1134/S1062359011070041](https://doi.org/10.1134/S1062359011070041)
- Parolin, L. C., Lacher, T. E., Bianconi, G. V., & Mikich, S. B. (2021). Frugivorous bats as facilitators of natural regeneration in degraded habitats: A potential global tool. *Acta Oecologica*, 111(May), 103748. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103748>
- Paredes, H. (2022). *Diseño de un corredor ecológico para la especie del oso andino (Tremarctos ornatus) entre las provincias de Imbabura – Pichincha* [Tesis magister], 8.5.2017, 2003–2005. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4923>

- Peña, J., Ballesteros, J. y Chacón, J. (2021). *Aproximación de la diversidad taxonómica y funcional del ensamblaje de murciélagos en un fragmento de bosque seco tropical en La Unión, Sucre Colombia*. [Trabajo de Pregrado]. Universidad de Córdoba.
- Pérez, T. (2008). *El papel funcional de los murciélagos y los servicios ambientales en sistemas naturales y transformados*. [Tesis de Pregrado]. Pontificia Universidad Javeriana Colombia.
- Podlutzky, A., Khritankov, A., Ovodov, N. & Austad, S. (2005). A field record for Bat longevity. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 60(11), 1366-1368.
- Pozo, W. E., Recalde, R. S., Cárdenas, C. D., Morejón, M. y Berovides, V. (2015). Diversidad quiropterológica de dos tipos de cultivos, noroccidente ecuatoriano. *Boletín Técnico 12, Serie Zoológica, 10–11*, 95–103.
- Proaño, M. (2015). *Plan de Acción para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador*. [Tesis de Maestría]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9935/Tesis_PlanAccion_MDP.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Puebla, A. R., Rodríguez Cueto, Y., & Álvarez-Amargos, P. M. (2020). Propuesta de rutas de conectividad para la conservación de la biodiversidad en Sierra Maestra, Cuba. *Revista de Ciencias Ambientales*. 54(2), 51–67.
<https://doi.org/10.15359/rca.54-2.3>
- Puig, X., Torrea, I., López, A., Guerrierib, E., Monti, M., Ràfols, R., Ferrer, X., Gisbert, D. & Flaquer, C. (2015). Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: linking agroecosystems structure to ecological functions. *Mammalian Biology*, 80(3), 237–245.
<https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.008>
- Quimi, J. y Savinovich, P. (2019). *Diseño de una estrategia de zonificación de la comuna Pejeyacu para el uso sostenible de sus recursos naturales*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Técnica de Machala.

- Quintana, H. y Pacheco, V. (2007). Identificación y distribución de los murciélagos vampiros del Perú. *Perú Med. Exp. Salud Pública*, 24(1), 81-88.
- Quiñonez, M. (2017). Diversidad y estado de conservación de murciélagos (mammalia: chiroptera) en el bosque protector cerro el paraíso (guayas-ecuador) de mayo 2016 a junio 2017.
- Raghuram, H. y Marimuthu, G. (2005). Donald Redfield Griffin: the discovery of echolocation resonance. *Journal of Science Education*, 10 (2), 20-32.
- Ramos, M., Falcón, R. y Días, R. (2018). Murciélagos indicadores de hábitats perturbados en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 27(1), 31-46.
<https://doi.org/10.24841/fa.v27i1.444>
- Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM). (2010). *Estrategia para la conservación de los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe*. Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos.
- Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM). (2011). *Criterios y normativa para el establecimiento de Áreas Importantes para la Conservación de los Murciélagos (AICOMs) y Sitios Importantes para la Conservación de los Murciélagos (SICOMs)*. Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos.
- Redacción sociedad. (2016). El Código Ambiental reconoce a los animales como sujetos de derecho. *El Telegrafo*.
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/el-codigo-ambiental-reconoce-a-los-animales-como-sujetos-de-derecho>
- Rivadeneira, G. (2015). Sistematización del proceso de participación ciudadana y política de la mancomunidad de la cuenca del Lago San Pablo. *Universidad Politécnica Salesiana*, 21–27.
- Rivera, P. (2011). *Caracterización de la fauna de quirópteros del Parque Nacional Yasuní en base a llamadas de ecolocación* [Tesis de Pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Rizo, A., Ávila, L., Fuentes, L., Lara, A., Flores, G. y Albino, S. (2017). *Técnicas para el estudio de muestreo*. Manual de Técnicas del Estudio.
- Rodales, A. y Juri, E. (2006). ¿Cómo se capturan murciélagos en Uruguay? Grupo de Investigación de los Murciélagos. *Boletín Electrónico*, 2(3), 2–4.
- Rodríguez, A., Allendes, J., Carrasco, P. y Moreno, R. (2014). *Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile*. Seremi del Medio Ambiente Región Metropolitana de Santiago, Universidad Santo Tomás y Programa para la Conservación de Murciélagos de Chile (PCMCh). 51.
- Romero, F., Cozano, M., Gangas, R. y Naulin, P. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1), 3-12. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>
- Romero, F., Cozano, M., Gangas, R., Naulin, P. (2014). Zonas ribereñas: Protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1).
- Romero, V. y Vallejo, A. (2022). *Nyctinomops laticaudatus* En: Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V. Vallejo, A. F. (eds). Mamíferos del Ecuador. Versión 2018.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Nyctinomops%20laticaudatus>
- Roncancio, N. y Estévez, J. (2007). Evaluación del ensamble de murciélagos en áreas sometidas a regeneración natural y a restauración por medio de plantaciones de aliso. *Boletín Científico - Centro de Museos – Museo de Historia Natural*, 11, 131-143.
- Roulier, C., Anderson, C., Ballari, S. y Nielsen, E. (2020). Estudios sociales y socioecológicos sobre restauración ecológica: Una revisión de la literatura a escala global e iberoamericana. *Ecología Austral*, 30(1), 001-165.
- Rueda, G. (2017). *Composición espacio-temporal de comunidades de aves acuáticas en seis lagunas altoandinas del Ecuador*. [Trabajo de Pregrado]. Universidad Central del Ecuador.
- Russell, A., Cox, M., Brown, V. & McCracken, G. (2011). Population growth of Mexican free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis mexicana*) predates human

- agricultura activity. *BMC Evolutionary Biology* 11, 88.
<https://doi.org/10.1186/1471-2148-11-88>
- Salas, J. (2010). *Diversidad y ecología de los quirópteros como indicadores del estado de conservación de la reserva de producción de fauna “Manglares El Salado”*. [Trabajo de Pregrado]. Universidad de Guayaquil.
- Salazar, M., Chica, C. y Zambrano, A. (2021). Problemas ambientales y el turismo en el Ecuador. *Uleam Bahía Magazine*, 2(4), 64-72.
https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/uleam_bahia_magazine
- Saldaña, J. y Chingal, S. (2017). *Estado de conservación de la avifauna diurna del valle interandino del chota y diseño de estrategias de conservación*. [Trabajo de Pregrado]. Universidad Técnica del Norte.
- Sampedro, A., Martínez, C., Otero, Y., Santos, L., Osorio, S. y Mercado, A. (2008). Presencia del murciélago casero (*Molossus molossus* Pallas, 1776) en la ciudad de Sincelejo, Departamento de Sucre, Colombia. *Caldasia*, 30(2), 495-503.
- Sánchez, M. y Cadena, A. (2004). *Mamíferos Terrestres y voladores de Colombia, Guía de campo*. Bogotá, Colombia, 248.
- Schmieder, D., Zsebok, S. & Siemers, B. (2014). The tail plays a major role in the differing manoeuvrability of two sibling species of mouse-eared bats (*Myotis myotis* and *Myotis blythii*). *Canadian Journal of Zoology*, 92(11), 965-977.
- Schnitzler, U., Moos, C. & Dezingner A. (2003). From spatial orientation to food acquisition in ecolocating bats. *Trends in Ecology Evolution*, 18: 386-394.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 [Archivo PDF].
- Segura, D. A. y Bejarano, F. S. (2019). *Análisis del índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI) en la zona sur del departamento del Tolima*. <https://repositorio.unibague.edu.co/entities/publication/3c5d6b81-24ec-4d65-9759-1ab1529b165e>
- Sempértegui, B. (2022). Los murciélagos, mamíferos incomprendidos. *Conexión PUCE*. <https://conexion.puce.edu.ec/los-murcielagos-mamiferos->

- Mastozoología. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 9.
Quito
- Tirira, D. y Tijite de Vries. (2012). Aspectos ecológicos del murciélago pescador menor (*Noctilio albiventris*) (Chiroptera, Noctilionidae) y su uso como bioindicador en la amazonia ecuatoriana. *Mamíferos del Ecuador*, 9, 69-90.
- Tirira, D., Brito, J., Burneo, S., Carrera, J. y Comisión de Diversidad de la EAM. (2021). Mamíferos del Ecuador: lista oficial actualizada de especies/ Mammals of Ecuador: official updated species checklist. Versión 2021.2. *Asociación Ecuatoriana de Mastozoología*.
<http://aem.mamiferosdeecuador.com>
- Torres, J. (2005). *Estructura de una comunidad tropical de murciélagos presente en la cueva “El Salitre”, Colima, México*. [Trabajo de Pregrado]. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, 132.
- Trejo, A. (2011). *Caracterización acústica de los murciélagos insectívoros del Parque Nacional Huatulco, Oaxaca*. [Trabajo de Maestría]. Instituto Politécnico Nacional.
- Tuneu, C., Puig, X., Flaquer, C., Mas, M., Budinski, I. & López, A. (2020). Ecological indices in long-term acoustic bat surveys for assessing and monitoring bats' responses to climatic and land-cover changes. *Ecological Indicators*, 110, 105849–105849.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105849>
- Tuttle, M. y Moreno, A. (2005). Murciélagos cavernícolas del norte de México. Su importancia y problemas de conservación. *Bat Conservation Internacional*, 49.
- Vallejo, A. y Boada, C. (2022). *Noctilio leporinus* En: Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V. Vallejo, A. F. (eds). Mamíferos del Ecuador. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Noctilio%20leporinus>
- Vargas, A., Aguirre, L., Galarza, M. y Gareca, E. (2008). Ensamble de murciélagos en sitios con diferente grado de perturbación en un bosque

- montano del Parque Nacional Carrasco, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 15, 297–308
- Vargas, N. H. (2017). *Implementación de biomodelos estimativos de la calidad ecosistemática en el nevado del Cocuy al año 2030 producto del retroceso glaciar*.
- Vásquez, A. (2023). La ganadería y la pérdida de la biodiversidad. *INECOL – Instituto de Ecología, A.C.* <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/845-la-ganaderia-y-la-perdida-de-la-biodiversidad>
- Vázquez, R. y García, R. (2018). Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la sustentabilidad en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. *Nóesis. Revista de ciencias sociales*, 27(53-1), 1-26.
<https://doi.org/10.20983/noesis.2018.3.1>
- Velásquez, F., De La Cruz, M. (2017). “*Planteamiento De Una Ruta De Impacto Reducido De La Carretera Pucallpa-Abujao Utilizando Datos Topográficos Srtm Y Arcgis 10.1*”
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdova, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. (2004). *Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Bogotá - Colombia, 236.
- Villegas, S., Rodríguez, R. y Barboza, K. (2018). Ecolocación en murciélagos: fundamentos, usos y equipos. *RELCOM*.
- Weisberg, P., Mortenson, S. & Dilts, T. (2013). Gallery Forest or Herbaceous Wetland? The need for multi-target perspective in riparian restoration planning. *Restoration Ecology*, 21(1): 12-16.
- Zhang, C., Jiang, T., Lu, G., Lin, A., Sun, K., Liu, S. & Feng, J. (2018). Geographical variation in the echolocation calls of bent-winged bats, *Miniopterus fuliginosus*. *Zoology*, 131, 36-44.
<https://doi.org/10.1016/j.zool.2018.05.005>

Anexos

Anexo 1. Especies de quirópteros registrados durante el trabajo de campo

			Zonas muestreo												
Familia	Género	Especies	Parque Acuático	Wayku Chupa	Sector La Playita	Planta De Tratamiento	Las Garzas	Ecolaguna	Club Náutico	Chicapan	Sector Espejo	Sector Puerto Lago	Muelle de Cachiviro	Sector Casa Blanca	Total
			Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	
Vespertilionidae	Eptesicus	<i>Eptesicus furinalis</i>	1	4	4	2	1	0	3	1	1	0	2	1	20
	Myotis	<i>Myotis sp</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	0	2	2	0	7
	Lasiurus	<i>Lasiurus sp</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Molossidae	Nyctinomops	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	2	1	3	2	1	1	2	2	4	6	3	2	29
	Promops	<i>Promops centralis</i>	2	1	2	0	1	1	0	0	0	0	3	2	12
	Tadarida	<i>Tadarida brasiliensis</i>	2	1	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	7
	Eumpos	<i>Eumpos sp</i>	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Noctilionidae	Noctilius	<i>Noctilius leporinus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Phyllostomidae	Anuora	<i>Anuora peruana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
		Total individuos	9	11	10	5	4	3	5	4	8	8	11	6	84
		Total especies	6	7	4	3	4	3	2	3	4	2	5	4	

Anexo 2. Características de las llamadas registradas mediante método acústico

Familia	Género	Especie	Tipo de Frecuencia	Armónicos	F max	F min	F mean
Molossidae	<i>Nyctinomops</i>	<i>Laticaudatus</i>	Cuasiconstante	NO	21,47 kHz	20,09 kHz	21,12 kHz
	<i>Promops</i>	<i>Centralis</i>	Modulada	NO	22,99 kHz	25,25 kHz	25,58 kHz
	<i>Tadarida</i>	<i>Brasiliensis</i>	Modulada	NO	26,39 kHz	23,28 kHz	24,37 kHz
	<i>Eumops</i>	sp	Modulada	NO	15,56 kHz	15,05 kHz	15,25 kHz
Vespertilionidae	<i>Eptesicus</i>	<i>furinalis</i>	Modulada	NO	52,53 kHz	35,80 kHz	41,60 kHz
	<i>Myotis</i>	sp	Cuasiconstante	NO	50,25 kHz	40,25 kHz	48,29 kHz
	<i>Lasiurus</i>	sp	Modulada	NO	41,47 kHz	32,02 kHz	35,58 kHz
Noctilionidae/Mormmopidae			Cuasiconstante	SI	49,35 kHz	45,32 kHz	48,06 kHz

Anexo 3. Hoja de registro de individuos capturados mediante redes de neblina

CAPTURA MURCIELAGOS											Horas total red: _____			
Lugar: _____			Responsable: _____			Fecha: _____			LLUVIA: ayer-hoy-poco-fuerte					
Hora de inicio: _____			Hora de final: _____			Refugios: si-no, tipo _____			Distancia: _____					
TEMPERATURA: calor-templado-frio						NUBES: despejado-poco-total			VIENTOS: nada-moderado-fuerte					
LUNA: nueva-creciente-menguante-llena						BOSQUE: alto-medio-bajo-pastizales-ribereño			OTROS: _____					
CUERPOS DE AGUA: si-no-distancia _____						Tipo: _____			Distancia: _____					
N° Reg	N° colec.	Red	Hora capt	Especie	Medidas (en mm, pero en gr)						Sexo	Estado de gestación	Fecha	Observación
					Lt	Lc	Lp	Lo	La	Peso				
1	1	1	23:35	<i>Anoura peruana</i>	53	0	10	9	47	12	M	Adulto	12/07/2022	
2	2	1	22:18	<i>Anoura peruana</i>	48	0	13	10	47	11	M	Adulto	21/08/2022	
3	3	1	22:46	<i>Anoura peruana</i>	55	0	9	9	43	12	M	Adulto	22/08/2022	
4	4	1	21:19	<i>Anoura peruana</i>	54	0	12	11	46	13	F	Adulto	22/08/2022	

Anexo 4. Ficha técnica para el registro de actividades antrópicas

Ficha de registro de actividades antrópicas											
Actividad	Descripción	Valoración									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Anexo 5. Salidas de campo

Manejo de Redes de Neblina



Ubicación de grabadoras



Manipulación de especies



Captura de murciélagos por redes de neblina



Grabadoras de ultrasonido



Identificación de especies



Identificación de especies en laboratorio





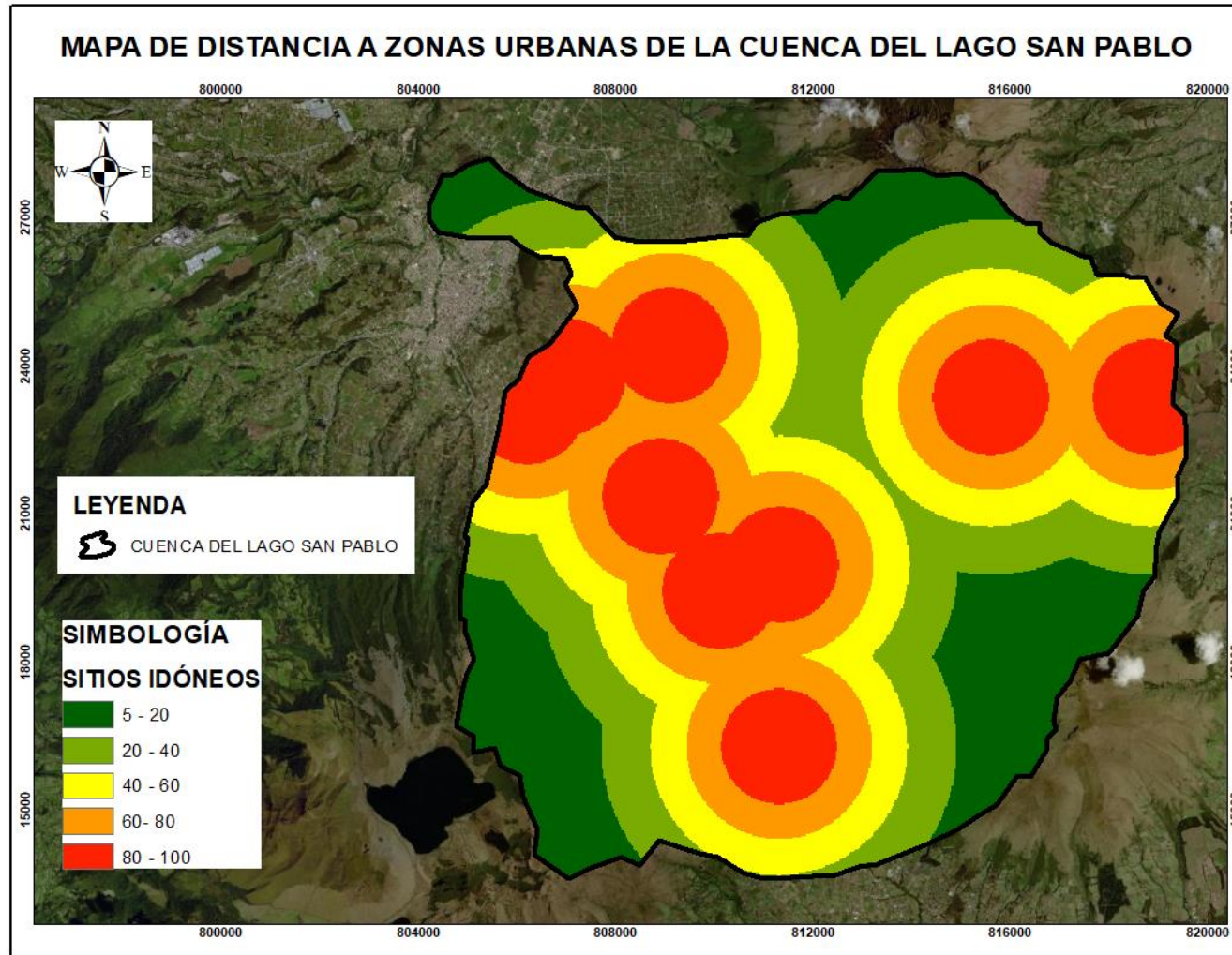
Sitios de muestreo



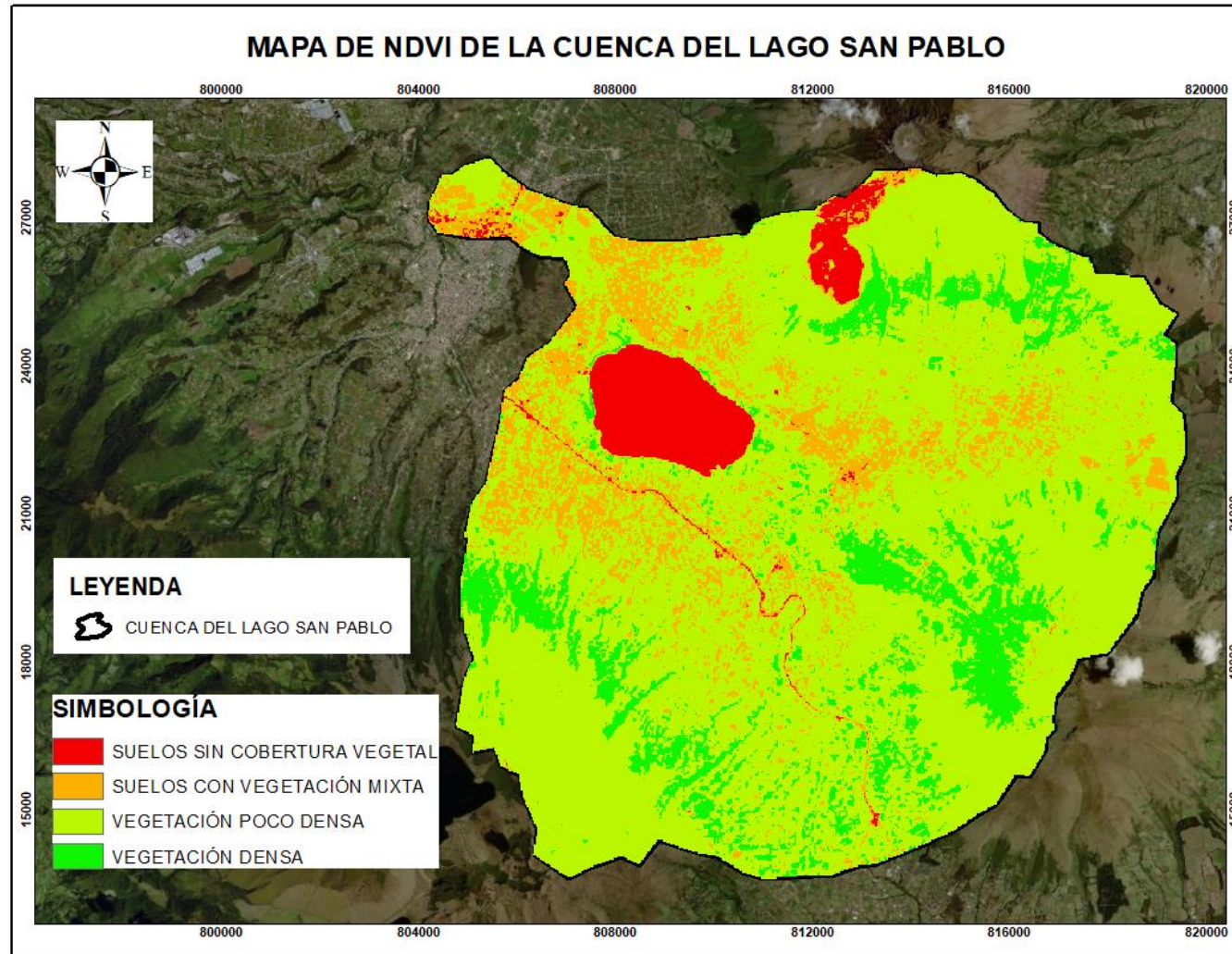


ANEXO 6
MAPAS

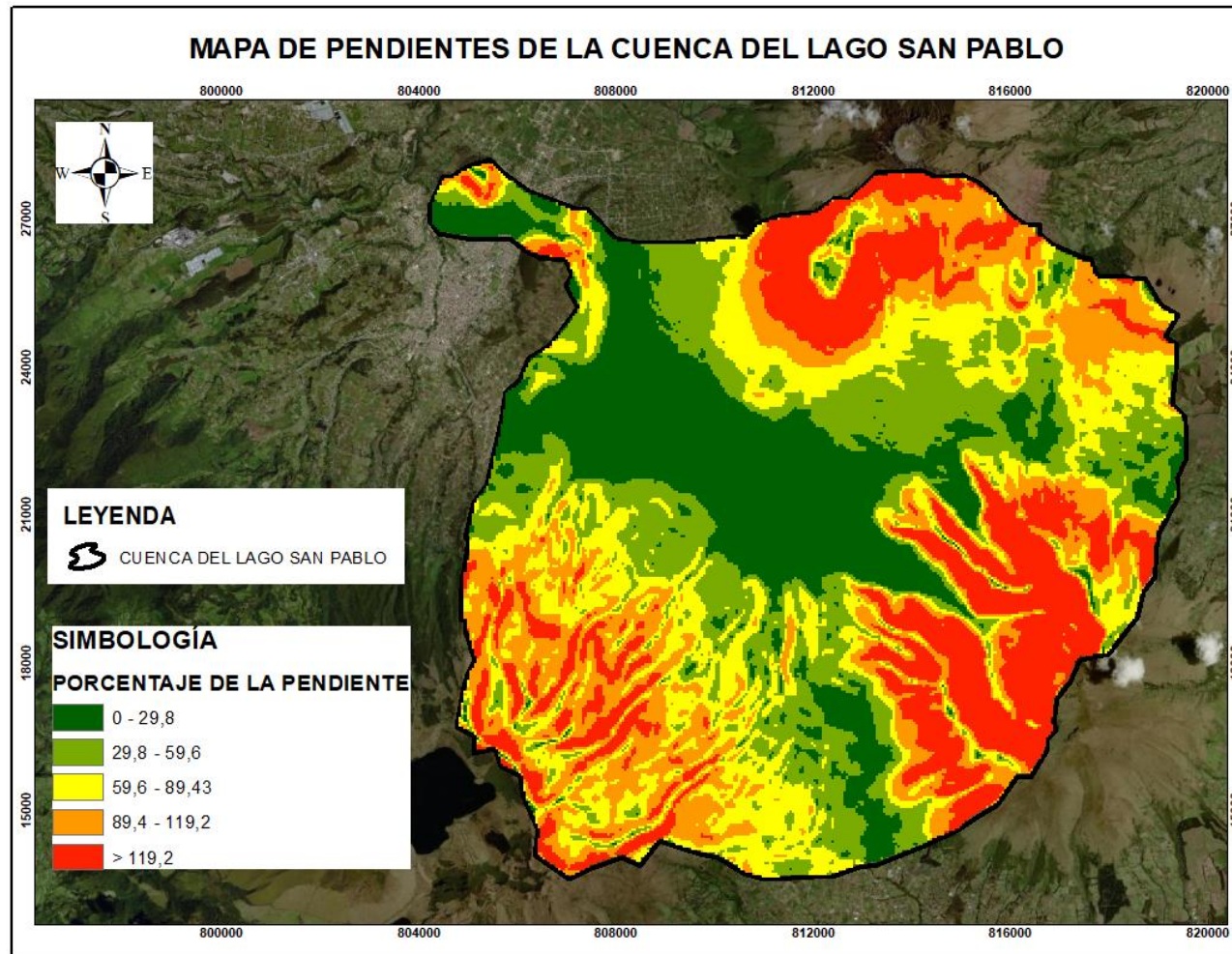
Anexo 6a



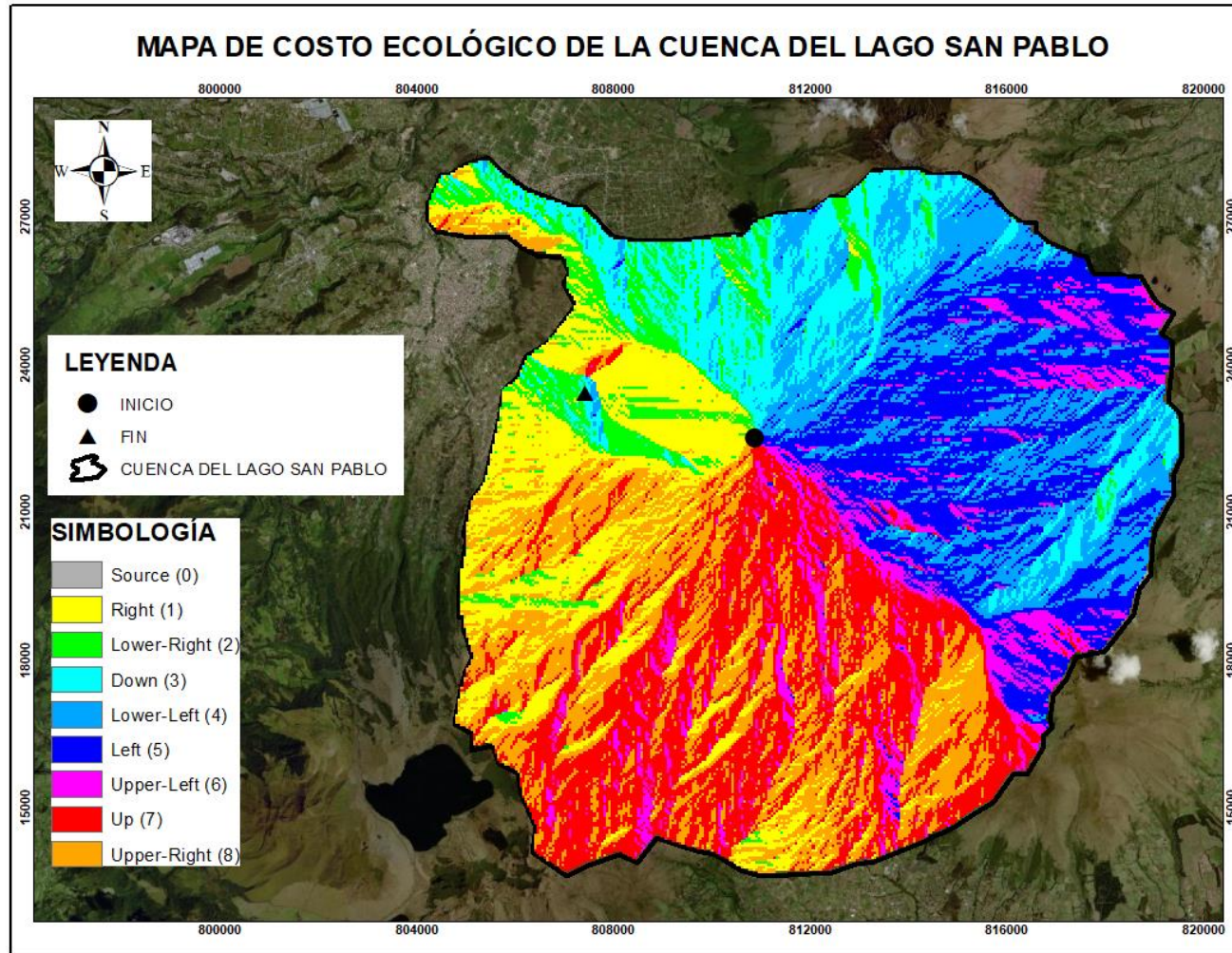
Anexo 6b



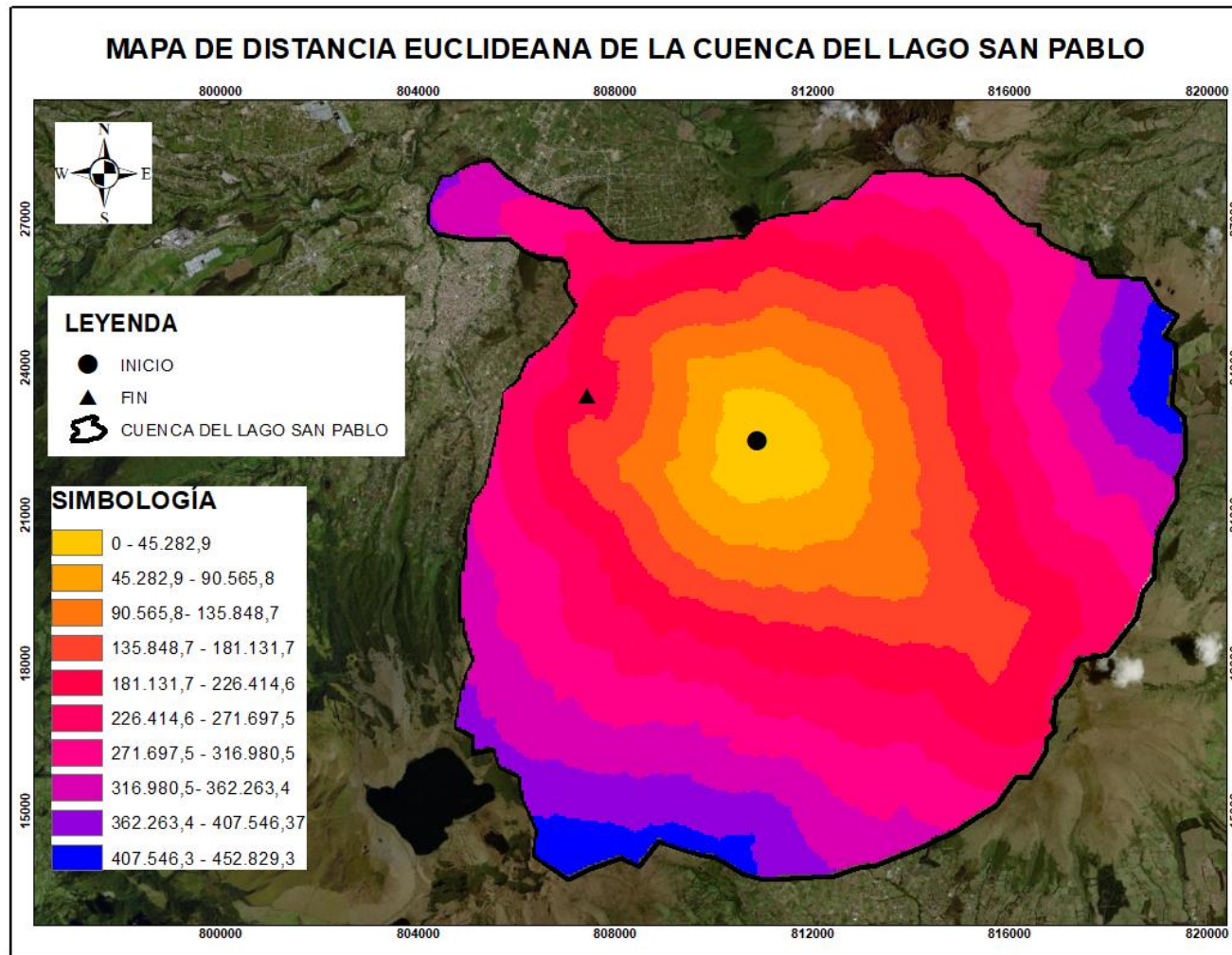
Anexo 6c



Anexo 6d

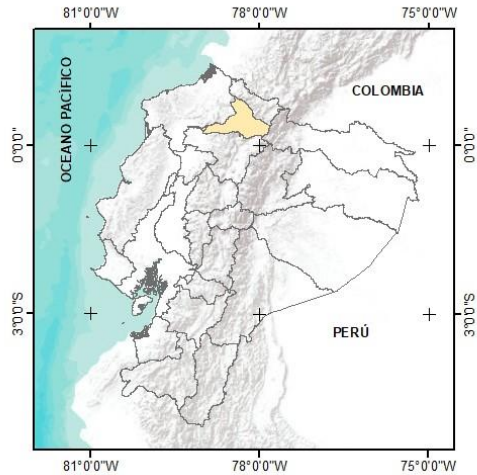


Anexo 6e

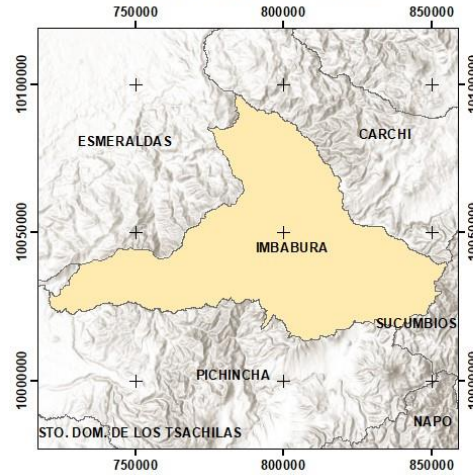


MAPA DE UBICACIÓN DEL LAGO SAN PABLO, PROVINCIA DE IMBABURA

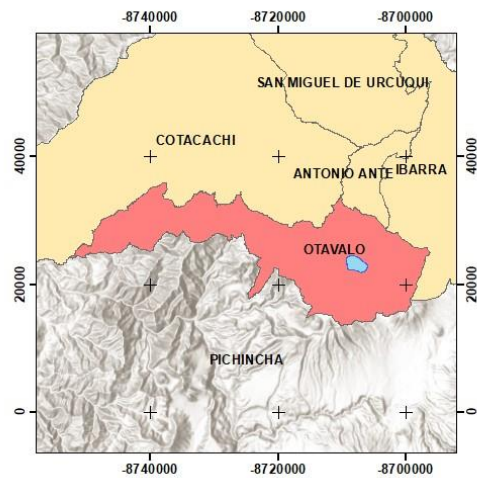
Ubicación Nacional



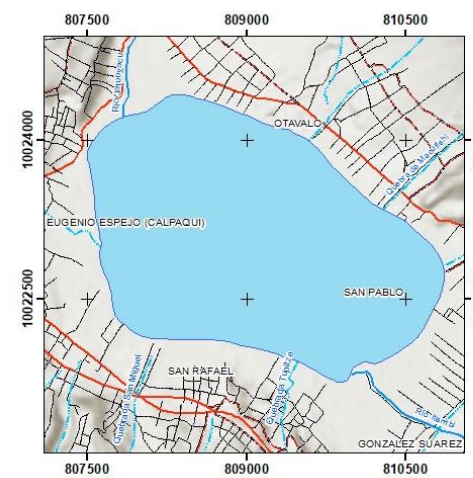
Ubicación Provincial



Ubicación Cantonal



Ubicación Local



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE CARRERA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES		
Mapa de Ubicación del Lago San Pablo, Provincia de Imbabura		
Sistema de coordenadas: UTM Zona 17S Datum WGS 1984		
Elaborado por: Jennifer Taimal Anderson De la Cruz	Fecha: 06 de diciembre 2022	Mapa: 01
Escala: 1 : 24.000	Fuente: IGM	

ANEXO 7
GUIAS DE IDENTIFICACIÓN

FIELD GUIDE TO

AMAZONIAN BATS

Adrià López-Baucells
Ricardo Rocha, Paulo Bobrowiec, Enrico Bernard
Jorge Palmeirim & Christoph Meyer



