



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

CARRERA DE BIOLOGÍA

Estudio de la distribución altitudinal de los anfibios a lo largo de la Estación Científica San Francisco

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO

Autor: Malla Benitez, Kevin Vicente

Director: Armijos Ojeda, Diego

LOJA

2025



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2025

Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular

Loja, 11 de marzo de 2025

Doctor,

Darío Javier Cruz Sarmiento

Director de la Carrera de Biología

Ciudad.-

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Integración Curricular denominado: Estudio de la distribución altitudinal de los anfibios a lo largo de la Estación Científica San Francisco realizado por Kevin Vicente Malla ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director: Diego Armijos Ojeda, Doctor

C.I.: 1103389258

Correo electrónico: darmijos1@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Kevin Vicente Malla Benitez, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Estudio de la distribución altitudinal de los anfibios a lo largo de la Estación Científica San Francisco, de la Carrera de Biología, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo uno Metodología, Capítulo dos Resultados, Capítulo tres discusión y conclusiones siendo Diego Armijos Ojeda, director del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo. Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”, en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

Autor: Kevin Vicente Malla Benitez

C.I.: 1150459509

Correo electrónico: kvmalla@utpl.edu.ec

Dedicatoria

Dedico esta tesis, a mis padres, María Mercedes Benitez y Vicente Malla, quienes con su amor, dedicación y ejemplo de vida me han enseñado el valor del esfuerzo, la perseverancia y la humildad. Su apoyo constante y cada sacrificio que hicieron para darme la oportunidad de lograr mis sueños me han permitido crecer y lograr cada obstáculo en mi camino. Su amor incondicional ha sido mi refugio en los momentos difíciles.

A mi hermana, Alexandra Malla, quien desde el principio de mi carrera profesional me brindó su respaldo incondicional. Su apoyo ha sido fundamental, y sus palabras de ánimo me han brindado la fuerza para superar cada desafío que se encontré en este camino.

A mis hermanos, hermanas y a mi familia, quienes, con su cariño y ayuda, han estado presentes en cada paso de este proceso. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera crucial a este logro, ya sea con palabras de ánimo, consejos o con su compañía en los momentos en que más lo necesitaba. Su apoyo ha sido una fuente constante de inspiración y alegría, y no puedo agradecerles lo suficiente por su amor y solidaridad.

A todos ustedes, quienes me han brindado la fuerza para seguir adelante y me han mostrado el verdadero valor de la familia, les dedico este trabajo con profunda gratitud y amor. Este logro no sería posible sin su constante apoyo y su confianza en mí.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Técnica Particular de Loja por el apoyo y los recursos brindados, los cuales hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

Mi profunda gratitud también al Dr. Paul Székely, quien me apoyó en la obtención de los datos de campo, y al Dr. Diego Armijos, por su invaluable ayuda y tutela durante todo el proceso. Extiendo mi reconocimiento a la Dra. Diana Székely por su apoyo y guía.

Agradezco a Naturaleza y Cultura Internacional (NCI) por todo el apoyo brindado especialmente a Felipe Serrano y Pedro Paladines, así como a Juan Carlos Sanchez Nivicela por compartir sus datos de campo.

A mis compañeros de campo, Jonny Arboleda y Eddy Jaramillo, por su colaboración y compañerismo en cada etapa del trabajo. A mis amigas y amigos Rayza Sánchez, Gloria Cartuche, Nekane Cueva y Luis Tinoco y a mi novia, Diana Medina, por todo el trabajo y apoyo brindado en todo el desarrollo.

Índice de contenido

Carátula	I
Aprobación del director del Trabajo de Titulación.....	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	V
Agradecimientos	VI
Índice de contenido.....	VII
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo uno	5
Metodología.....	5
1.1 Área de estudio	5
1.2 Muestreo de campo	5
1.3 Registros complementarios	6
1.5 Análisis de datos	7
Capítulo dos	8
Resultados	8
2.1 Registros obtenidos	8
2.2 Riqueza	8
2.3 Diversidad y abundancia.....	10
2.4 Analisis de similitud entre los distintos ecosistemas.....	10
Capítulo tres	12
Discusión.....	12
Recomendaciones.....	16
Referencias	17
Apéndice	20
Apéndice A. Especies de anfibios registrados en la Estación Científica San Francisco	

.....	20
Apéndice B. Vista panorámica de la Estación Científica San Francisco	21
Apéndice C. Trabajo de campo para el inventario de los anfibios en la Estación Científica San Francisco	22

Índice de tablas

Tabla 1 Número de especies por órdenes y familias de anfibios en la Estación Científica San Francisco	8
Tabla 2 Listado de especies de la Estación Científica San Francisco, abundancia, microhábitat donde se encontraron y estado de conservación	9
Tabla 3 Índice de Shannon y Simpson de los diferentes ecosistemas	10
Tabla 4 Índice de Jaccard de los diferentes ecosistemas	11

Índice de figuras

Figura 1 Mapa base de la Estación Científica San Francisco	5
---	----------

Resumen

La Estación Científica San Francisco (ECSF), situada en la provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador, es considerada una área clave para el estudio de la biodiversidad y la conservación de anfibios, con un rango altitudinal que va desde los 1700 hasta los 3150 m s.n.m. La riqueza de hábitats en este gradiente permite la presencia de múltiples especies de anfibios, por lo cual dicha distribución se ve intervenida por factores ambientales. El presente estudio tiene como objetivo analizar cómo la altitud afecta la diversidad de anfibios, evaluando la riqueza y diversidad de especies en distintos niveles altitudinales de la ECSF. Los resultados obtenidos muestran que la mayor diversidad se encuentra en el bosque montano bajo, se reduce en el bosque montano alto y mientras que el páramo cuenta con valores intermedios, lo cual indica que cada hábitat aporta de manera única a la diversidad de anfibios. Estos hallazgos subrayan la importancia de conservar los ecosistemas de la ECSF, dada su contribución a la biodiversidad regional y la sensibilidad de las especies de anfibios a cambios ambientales.

Palabras Clave: Inventario, páramo, microhábitat.

Abstract

The San Francisco Scientific Station (ECSF), located in the province of Zamora Chinchipe, Ecuador, is considered a key area for the study of biodiversity and conservation of amphibians, due to its altitudinal range that goes from 1700 to 3150 m asl. The richness of habitats in this gradient allows the presence of multiple species of amphibians, which is why this distribution is influenced by environmental factors. The present study aims to analyze how altitude affects amphibian diversity, evaluating species richness and diversity at different altitudinal levels in ECSF. The results obtained show that the highest diversity is found in the low montane forest, it is reduced in the high montane forest, and the páramo has intermediate values, indicating that each habitat contributes uniquely to amphibian diversity. These findings underscore the importance of conserving the ECSF ecosystems, given their contribution to regional biodiversity and the sensitivity of amphibian species to environmental changes.

Keywords: Inventory, paramo, microhabitat.

Introducción

La Estación Científica San Francisco (ECSF), situada en la provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador, se establece como punto clave de interés biológico debido a su rango altitudinal, que va desde los 1700 hasta los 3200 m s.n.m. (Liede-Schumann & Breckle, 2008). Dicho rango altitudinal y en junto con otras características ambientales y topográficas, contribuye a la notable riqueza de fauna y flora presente en la región de los Andes (Wilson & Rhemtulla, 2018). De hecho, algunos estudios han señalado que ciertas áreas con características similares a las de (ECSF) son consideradas "puntos calientes" de biodiversidad, ya que albergan una amplia variedad de especies endémicas y residentes (Myers et al., 2000).

Además, la diversidad de especies en los ambientes de alta montaña se ve influenciada no solo por la altitud, sino también por algunos factores como la disponibilidad de hábitats y la heterogeneidad del paisaje (Morrone y Márquez, 2008). Algunas investigaciones han demostrado que la fragmentación del hábitat y el cambio climático son amenazas significativas para la biodiversidad en áreas de alta montaña (Franco Vidal, Delgado & Andrade, 2013).

La Estación Científica San Francisco, en base a las condiciones ambientales propicias que brinda, se convierte en un hábitat favorable y diverso que favorece a la presencia de especies endémicas (Leigh, 1999). La rica biodiversidad con la que cuenta hace del área de estudio un lugar de gran interés para la investigación científica y la conservación de la naturaleza, debido a los factores ambientales que presenta. (Fülöp & Kovacs, 2010). Además, la preservación de estos ecosistemas proporciona un refugio crucial para especies en peligro de extinción, asegurando su supervivencia a largo plazo y saludables de los ecosistemas locales (Rodríguez Quiroz & Bracamonte Sierra, 2008).

Los anfibios, por lo general son indicadores sensibles de cambios ambientales y pueden servir como modelos útiles para evaluar la salud de los ecosistemas de montaña (Catalá, 2011). La conservación de la biodiversidad en regiones montañosas como los Andes Ecuatorianos es esencial no solo por su valor intrínseco, sino también por los servicios

ecosistémicos que brinda, como la regulación del agua y la amortiguación del cambio climático (Muñoz Ortega, 2023). Estos ecosistemas no solo garantizan la supervivencia de especies emblemáticas, sino que también contribuyen a la estabilidad del clima regional y a la disponibilidad de recursos hídricos para las comunidades locales (Morales Fajardo, 2022).

Los anfibios, como bioindicadores clave, son sensibles a las variaciones ambientales que se encuentran a lo largo de gradientes altitudinales (Proaño et al., 2022). Estos gradientes, caracterizados por cambios en la temperatura, la humedad y la cobertura vegetal, intervienen directamente en su distribución y diversidad (Siqueira & Rocha, 2013). En los Andes, donde los ecosistemas son altamente heterogéneos, los anfibios desempeñan roles ecológicos importantes, como el control de insectos y el reciclaje de nutrientes, lo cual indica la importancia de estudiar cómo las condiciones altitudinales afectan su presencia y supervivencia en los hábitats estudiados (Burrowes et al., 2020).

En este contexto, el presente estudio presenta como objetivo entender la relación que existe entre los factores ambientales y la distribución de especies de anfibios que están presentes en la Estación Científica San Francisco. Por medio de un análisis detallado de los datos recogidos a lo largo de diferentes altitudes y condiciones ambientales, se espera aportar información valiosa que contribuya a la conservación de estas especies y al entendimiento de los ecosistemas andinos.

Capítulo uno

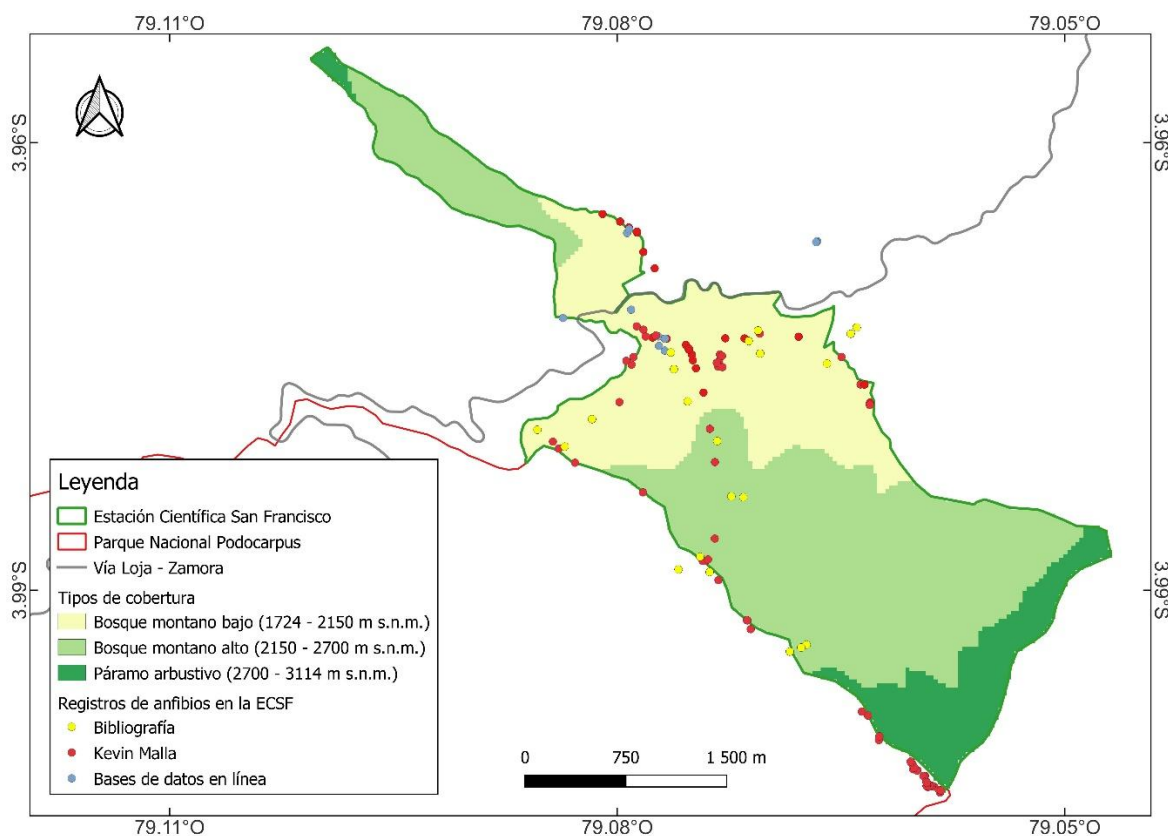
Metodología

1.1 Área de estudio

El trabajo se realizó en transectos distribuidos en 3 niveles altitudinales de la “Estación Científica San Francisco” (ESCF) ubicada en la parroquia Sabanilla, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe a 30 km de la ciudad de Loja. Coordenadas 9560781.7, 713299.6. (Figura 1). Está conformada por bosque montano bajo (BMB) (1700 a 2150 m s.n.m.), bosque montano alto (BMA) (2150 a 2700 m s.n.m.), y páramo (2700 a 3114 m s.n.m.) (Apéndice B)

Figura 1

Mapa base de la Estación Científica San Francisco



1.2 Muestreo de campo

Se hicieron dos salidas de campo mensualmente en la Estación Científica San Francisco desde los meses de mayo a septiembre del 2024. El muestreo se desarrolló en los distintos transectos de la estación que cuentan con diferentes niveles de altitud. El tipo método que se utilizó fue el de mediante relevamiento por encuentro visual (Lips & Reaser,

1999), el cual consistió en caminar en el día o la noche por el transecto y buscar los anfibios que se encontraban a lo largo del transecto, ya sea en reposo, activos en el suelo, sobre hojas o en los arbustos (Apéndice C). Una vez localizados los ejemplares, se procedió a identificar la especie a la que pertenecían. Si no se lograba la identificación, se los capturaba para identificar las características morfológicas con claves taxonómicas y para realizar la extracción de tejido del espécimen para el análisis molecular. Igualmente, se tomaron las coordenadas del lugar donde se localizó cada ejemplar y se registraron las características del sitio donde fue encontrado.

Se aplicó el método de transectos de bandas auditivas para anuros, el cual consistió en el reconocimiento y grabación de las vocalizaciones emitidas por los ejemplares. Es importante mencionar que este método necesita que el personal que realiza el durante el muestreo en campo. Los ejemplares fueron llevados al Museo de Zoología de la Universidad Técnica Particular de Loja (MUTPL) después de ser sacrificados siguiendo los procedimientos establecidos. Se lo desarrollo con el método descrito por Székely et al., (2016), que implicó el sacrificio utilizando benzocaína al 20% aplicada en el vientre de los anfibios; luego fueron fijados en formol al 10% y almacenados en etanol al 70%. Para los análisis moleculares, se obtuvo muestras de tejido hepático y muscular que fueron conservadas en etanol al 96%. Los especímenes fueron colectados con permisos de investigación emitidos por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE-DBI-CM-2021-0181 y MAATE-ARSFC-2023-0063).

1.3 Registros complementarios

Para completar el listado de anfibios de la Estación Científica San Francisco, se incluyeron datos que provienen literatura, principalmente del estudio realizado por Juan Carlos Sánchez, el cual obtuvo información detallada sobre las especies de anfibios presentes en esta área. Estos datos se integraron con los registros obtenidos durante los muestreos realizados en el marco del presente estudio, permitiendo así fortalecer el inventario de especies y obtener una representación más completa de la diversidad de anfibios en los diferentes gradientes altitudinales.

1.5 Análisis de datos

Los datos fueron analizados utilizando tanto el software Excel como el entorno de programación R. Se realizaron cálculos de índices de diversidad como Shannon y Simpson, también detallar la similitud entre ecosistemas con índices de Jaccard en relación con los gradientes de altitud. Finalmente, se desarrollaron mapas de distribución y una representación visual del área explorada.

Capítulo dos

Resultados

2.1 Registros obtenidos

De los registros obtenidos en el presente estudio, 109 corresponden a observaciones que se realizaron durante los muestreos que se hicieron por nuestro grupo en la Estación Científica San Francisco. También se incorporaron 383 registros que provienen de la información proporcionada por Juan Carlos Sánchez, obtenidas en investigaciones previas realizadas en la misma área. La unión de estos datos permitió obtener un total consolidado de registros, lo que representa de manera más precisa la riqueza y diversidad de anfibios en los diferentes gradientes altitudinales de la estación.

2.2 Riqueza

Los registros totales fueron de 492 individuos pertenecientes a 25 especies distintas, las cuales se agrupan dentro de seis familias y dos órdenes (Apéndice A). De los 492 individuos, 474 pertenecen al orden Anura y 18 al orden Caudata, la familia con mayor número de especies e individuos fue Strabomantidae con un total de 365 individuos, luego la familia Centrolenidae 77 individuos, la familia Hemiphractidae con 22 individuos, la familia Bufonidae 9 individuos y la familia Hylidae con 1 individuo, todas pertenecientes al orden Anura, y la familia Plethodontidae con 18 individuos pertenecientes al género Caudata (Tabla 1).

Tabla 1

Número de especies por órdenes y familias de anfibios en la Estación Científica San Francisco

Orden	Familia	N° spp	N° Ind
Anura	Bufonidae	2	9
	Centrolenidae	4	77
	Hemiphractidae	1	22
	Hylidae	1	1
	Strabomantidae	16	365
Caudata	Plethodontidae	1	18
Total		25	492

Los individuos en los distintos microhábitats mostraron una mayor concentración en bromelias y arbustos, principalmente especies del género *Pristimantis*, que presentaron la

mayor riqueza y abundancia. Las especies presentes en la hojarasca y la vegetación ribereña tuvieron una representación menor de individuos. Las diferencias en la abundancia entre microhábitats indican patrones específicos de ocupación, con *Pristimantis versicolor* mostrándose como la especie más numerosa. La mayoría de especies registradas, como *Rhinella acutirostris* y *Pristimantis versicolor*, se encuentran clasificadas en la categoría de “Preocupación Menor” (LC), mientras que otras, como *P. aff. aquilonaris* y *P. aff. rhabdocnemus*, no tienen una evaluación formal (Tabla 2).

Tabla 2

Listado de especies de la Estación Científica San Francisco, abundancia, microhábitat donde se encontraron y estado de conservación

Familia	Especie	Microhabitat	IUCN	Lista roja nacional	N° Ind
Bufonidae	<i>Rhinella acutirostris</i>	Hojarasca	LC	LC	7
	<i>Atelopus cf. nepiozomus</i>	Hojarasca	NE	NE	2
Centrolenidae	<i>Centrolene marcoreyesi</i>	Vegetación ribereña	NE	NE	24
	<i>Hyalinobatrachium</i> sp.	Vegetación ribereña	NE	NE	1
	<i>Nymphargus posadae</i>	Vegetación ribereña	LC	NE	48
	<i>Nymphargus</i> aff. <i>sucre</i>	Vegetación ribereña	NE	NE	4
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca testudinea</i>	Sotobosque	LC	NT	22
Hylidae	<i>Osteocephalus festae</i>	Vegetación ribereña	LC	VU	1
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa</i> sp.	Bromelias/Arbustos	NE	NE	18
Strabomantidae	<i>Phyllonastes</i> aff. <i>heyeri</i>	Hojarasca	NE	NE	1
	<i>Pristimantis andinognomus</i>	Bromelias/Arbustos	NE	NE	18
	<i>Pristimantis</i> aff. <i>aquilonaris</i>	Bromelias/Arbustos	NE	NE	13
	<i>Pristimantis</i> aff. <i>atratus</i>	Sotobosque/Hojaraca	NE	NE	1
	<i>Pristimantis balionotus</i>	Bromelias/Arbustos	NE	EN	12
	<i>Pristimantis</i> aff. <i>colodactylus</i>	Bromelias/Arbustos	NE	NE	3
	<i>Pristimantis conspicillatus</i>	Bromelias/Arbustos	LC	LC	1
	<i>Pristimantis galdi</i>	Hojarasca	LC	LC	3
	<i>Pristimantis lymani</i>	Sotobosque/Hojaraca	LC	LC	3
	<i>Pristimantis</i> aff. <i>nangaritza</i>	Bromelias/Arbustos	NE	NE	141
	<i>Pristimantis</i> aff. <i>rhabdocnemus</i>	Bromelias/Arbustos	NE	NE	6
	<i>Pristimantis</i> aff. <i>rhodostichus</i>	Bromelias/Arbustos	NE	NE	77
	<i>Pristimantis sagedunneae</i>	Bromelias/Arbustos	NE	NE	1
	<i>Pristimantis samaniegoi</i>	Bromelias/Arbustos	NE	NE	9
	<i>Pristimantis</i> aff. <i>vidua</i>	Musgo/Suelo	NE	NE	3
<i>Pristimantis versicolor</i>	Bromelias/Arbustos	LC	VU	73	

2.3 Diversidad y abundancia

En base a la diversidad que presenta en el índice de Shannon se ve que el nivel de altitud que va desde 1700 a 2150 m s.n.m. cuenta con un índice de 1.98 lo cual indica que es el que cuenta con mayor diversidad de especies, el nivel de 2150 a 2650 m s.n.m presenta la menor diversidad con un índice de de 1.44, por otro lado, el nivel que va desde 2700 a 3150 m s.n.m. presenta un índice de 1.53 lo que indica que cuenta con una diversidad intermedia en base a los demás niveles. Los valores obtenidos nos indican que existe una mayor diversidad de anfibios en bosque montano bajo a diferencia de bosque montano alto y páramo (Tabla 3).

El Índice de Simpson (D) para la diversidad de anfibios en los diferentes tipos de hábitats estudiados indica variaciones significativas. El bosque montano bajo presenta un índice de 0.811, mostrando una alta diversidad y una distribución equitativa entre las especies. En el bosque montano alto, el índice es de 0.696, reflejando una diversidad moderada con cierta dominancia de algunas especies. Por último, el páramo muestra un índice de 0.737, indicando también una diversidad moderada, aunque mejor distribuida que en el grupo anterior (Tabla 3).

Tabla 3

Índice de Shannon y Simpson de los diferentes ecosistemas

Altitud	Hábitat	Índice de Shannon	Índice de Simpson
1700 a 2150	bosque montano bajo	1.98	0.811
2150 a 2650	bosque montano alto	1.44	0.696
2700 a 3150	páramo	1.53	0.737

2.4 Analisis de similitud entre los distintos ecosistemas

El índice de Jaccard muestra variaciones en la similitud de especies entre los diferentes ecosistemas. La similitud que hay entre los grupos de (BMB) y (BMA) es de 0.27, indicando una moderada similitud en la composición de especies entre estos ecosistemas. Entre BMB y páramo, la similitud es de 0.04, lo que muestra una baja coincidencia en la composición de especies, mientras que el índice de Jaccard entre BMA y páramo es de 0.23, indicando poca similitud en la distribución de especies en dichos rangos (Tabla 4).

Tabla 4

Indice de Jaccard de los diferentes ecosistemas:

BMB (bosque montano bajo), BMA (bosque montano alto) y páramo

	BMB	BMA	páramo
BMB		0,27	0,04
BMA			0,23

Capítulo tres

Discusión

La riqueza de anfibios registrada en la Estación Científica San Francisco (ECSF) es de 25 especies, pertenecientes a seis familias y dos órdenes. Se registraron 492 individuos divididos donde el orden Anura representa la mayor proporción (474 individuos), dentro de los cuales la familia Strabomantidae destaca con 365 individuos, seguida de Centrolenidae con 77. Además, se identificaron ocho nuevas especies de anfibios en la ECSF, registradas a lo largo del gradiente altitudinal. Este hallazgo muestra la riqueza biológica de los ecosistemas presentes y su importancia para la conservación de especies aún desconocidas para la ciencia, mencionando el papel de la ECSF como un área clave para la biodiversidad en gradientes altitudinales.

Los datos que se registraron muestran una comunidad de anfibios que está dominada principalmente por Strabomantidae, una familia que cuenta con una amplia distribución en los Andes y adaptada a varios microhábitats de la región (Martínez Baños et al., 2010). La menor abundancia de otras familias, como Bufonidae e Hylidae, representa una especialización o limitación en la tolerancia a las condiciones climáticas de altitudes bajas y las limitaciones de nichos, como se observa en otros estudios de herpetofauna (Khatiwada et al., 2019).

Los índices de diversidad (Shannon y Simpson) y de similitud (Jaccard) muestra las diferencias significativas que hay entre los niveles altitudinales. El índice de Shannon, es mayor en el bosque montano bajo (1.98), esto indica que el ecosistema a este nivel brinda un ambiente con una estructura compleja y varios microhábitats que favorecen a una mayor riqueza y equidad en la distribución de especies. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que sugieren una alta diversidad en zonas montanas bajas, donde la complejidad estructural y la heterogeneidad de hábitats facilitan la coexistencia de especies (Thomsen et al., 2022). La disminución de la diversidad en el bosque montano alto (1.44) muestra condiciones más restrictivas y mayor especialización de las especies que pueden adaptarse a estas altitudes, concordando con otros estudios de herpetofauna en zonas de alta montaña (Zancolli et al., 2014). El páramo indica un índice de Shannon intermedio (1.53)

y una mayor equidad en la distribución de especies, lo cual es normal con la naturaleza adaptativa de las especies a las duras condiciones climáticas del páramo (Titon Junior & Gomes, 2012).

La calidad de los datos obtenidos se ve influenciada por ciertos factores como las condiciones climáticas adversas y la distancia para acceder a ciertos sitios como el páramo y otros que limitaron un esfuerzo de muestreo más proporcional en los tres pisos altitudinales (Siqueira & Rocha, 2013). Las condiciones extremas del páramo, como bajas temperaturas, alta humedad y precipitaciones frecuentes, limitaron particularmente el trabajo en esta zona. Aunque se lograron registrar especies representativas en cada altitud, hay la probabilidad de que algunos anfibios no hayan sido detectados. Por lo que con un esfuerzo adicional y en condiciones más favorables, se podría obtener mas datos que amplíen el inventario actual y reflejen mejor la diversidad de anfibios en cada ecosistema (Parris, 2019).

El índice de diversidad de Simpson apoya estos hallazgos, mostrando una mayor equidad en la distribución de especies en el bosque montano bajo (0.811), lo cual indica una baja dominancia de algunas especies sobre otras en este nivel altitudinal. En el bosque montano alto, el índice de Simpson es más bajo (0.696), reflejando una moderada diversidad con cierta dominancia de especies, lo cual se debe a la especialización que requieren para sobrevivir en condiciones de mayor altitud (Siqueira & Rocha, 2013). En el páramo, el índice de Simpson (0.737) menciona que, aunque se encuentran menos especies, estas están distribuidas de manera equitativa debido a la adaptabilidad a dicho ecosistema (Pang et al., 2023).

El índice de Jaccard muestra la variabilidad en la composición de especies entre niveles. La similitud que existe entre el bosque montano bajo y el bosque montano alto es moderada (0.27), mientras que entre el bosque montano bajo y el Páramo es baja (0.04), lo cual indica una clara diferenciación en la comunidad de especies a lo largo del gradiente altitudinal. cierto patrón de diferenciación puede ser el resultado de las barreras ecológicas y ambientales que se dan por la altitud, limitando la dispersión de ciertas especies y favoreciendo comunidades únicas en cada nivel, (Agyei & Wiafe, 2013). La baja similitud

también resalta la importancia de estos ecosistemas únicos, ya que la pérdida de hábitats a diferentes altitudes podría significar la extinción de especies endémicas y especializadas (Mendoza-Fernández et al., 2022).

Conclusiones

La diversidad de anfibios en la Estación Científica San Francisco (ECSF) indica cierta variación en base a la altitud, presentando una mayor diversidad en el bosque montano bajo (1700 a 2150 m s.n.m.), donde las condiciones ambientales son ideales para una distribución más equilibrada de especies.

La familia Strabomantidae predomina en la ECSF, debido a la adaptación que tienen las especies a los diversos microhábitats en ecosistemas de montaña a lo largo de la cordillera de los Andes. Esta especialización, resalta la importancia de preservar la diversidad y funcionalidad de estos ecosistemas.

Los índices de similitud indican diferencias importantes en la composición de especies entre los niveles altitudinales, presentado baja similitud entre el bosque montano bajo y el Páramo (2700 a 3150 m s.n.m.). Estos resultados enfatizan lo necesario que es conservar cada ecosistema altitudinal para proteger especies especializadas y endémicas, vulnerables a cambios ambientales.

Recomendaciones

Es importante realizar muestreos tomando en cuenta diferentes épocas del año para capturar posibles variaciones estacionales en la diversidad de anfibios y comprender mejor cómo los factores climáticos influyen en estas comunidades.

Se requiere implementar estudios sobre la ecología y necesidades de hábitat de las especies más representativas, con especial atención a las menos abundantes, para orientar ciertas estrategias de conservación a cada nivel altitudinal.

Debido a que el bosque montano bajo y el páramo presentan alta diversidad y especies adaptadas a ciertas condiciones, se recomienda priorizar la conservación de estos ecosistemas para evitar la pérdida de especies y asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

Es importante implementar un monitoreo continuo de anfibios en la Estacion Científica San Francisco, enfocado en proteger hábitats clave y cuerpos de agua. Además, se sugiere mantener los esfuerzos de conservación in situ que realiza la fundación Naturaleza y Cultura Internacional.

Referencias

- Agyei, D., & Wiafe, E. D. (2013). Species richness, diversity and distribution of amphibians along elevational gradient on mountain afadjato, ghana. *Species Richness*.
- Burrowes, P. A., Navas, C. A., Jiménez-Robles, O., Delgado, P., & De La Riva, I. (2020). Climatic Heterogeneity in the Bolivian Andes: Are Frogs Trapped? *South American Journal of Herpetology*, 18(1), 1. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-18-00047.1>
- Catalá, E. I. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36(1), 31-38.
- Franco Vidal, L., Delgado, J., & Andrade, G. I. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. *Cuadernos de geografía: revista colombiana de geografía*, 22(2), 69-85.
- Fülöp, A., & Kovacs, M. (2010). Managing the geodiversity in Baia Mare region: From the scientific to the public interest. *Studia Universitatis Babes-Bolyai, Geologia*, 55(1), 5-8. <https://doi.org/10.5038/1937-8602.55.1.1>
- Khatiwada, J. R., Zhao, T., Chen, Y., Wang, B., Xie, F., Cannatella, D. C., & Jiang, J. (2019). Amphibian community structure along elevation gradients in eastern Nepal Himalaya. *BMC Ecology*, 19(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s12898-019-0234-z>
- Leigh, E. G. (1999). *Tropical forest ecology - a view from Barro Colorado Island*. Oxford: Oxford University Press.
- Liede-Schumann, S., & Breckle, S. W. (2008). Lista de verificación provisional de flora y fauna del Valle de San Francisco y sus alrededores. *Monografías Ecotropicales*, 4.
- Lips, K., & Reaser, J. (1999). El Monitoreo de Anfibios en América Latina. In *The Nature Conservancy* (pp. 1–42). <http://www.amphibiaweb.org:8000/resources/Anfibios.pdf>
- Martínez Baños, V., Pacheco Florez, V., & P. Ramírez-Pinilla, M. (2010). Abundancia relativa y uso de microhábitat de la rana *Geobatrachus walkeri* (Anura: Strabomantidae) en dos hábitats en Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 0(0). <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3149>

- Mendoza-Fernández, A. J., Fernández-Ceular, Á., Alcaraz-Segura, D., Ballesteros, M., & Peñas, J. (2022). The Fate of Endemic Species Specialized in Island Habitat under Climate Change in a Mediterranean High Mountain. *Plants*, 11(23), 3193. <https://doi.org/10.3390/plants11233193>
- Morales Fajardo, O. A. (2022). Determinación de los corredores ecológicos para seis especies sombrilla de los Andes Nororientales de Colombia mediante un SIG.
- Morrone, JJ y Márquez, J. (2008). Biodiversidad de artrópodos terrestres mexicanos (Arachnida y Hexapoda): un rompecabezas biogeográfico. *Acta Zoológica Mexicana* (ns), 24 , 15-41.
- Muñoz Ortega, K. M. (2023). Modelando para la distribución espacial de *Akodon mollis* en los Andes ecuatorianos bajo escenarios de cambio climático (Bachelor's thesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica).
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(25), 853-858.
- Pang, S. E. H., Slik, J. W. F., Zurell, D., & Webb, E. L. (2023). The clustering of spatially associated species unravels patterns in tropical tree species distributions. *Ecosphere*, 14(6), e4589. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4589>
- Parris, K. M. (2019). Review: Amphibian surveys in forests and woodlands. *Contemporary Herpetology*, 1-14. <https://doi.org/10.17161/ch.vi1.11931>
- Proaño-Morales, A. S., Proaño-Morales, J. J., & Guayasamin, J. M. (2022). Diversidad y distribución altitudinal de anfibios en la cordillera de Toisán, Ecuador. *Ecosistemas*, 31(2), 2137-2137.
- Rodríguez Quiroz, G., & Bracamonte Sierra, Á. (2008). Pertinencia de las ANP como política de conservación y mejoramiento de la calidad de vida: Análisis de percepción en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 16(32), 141-176.

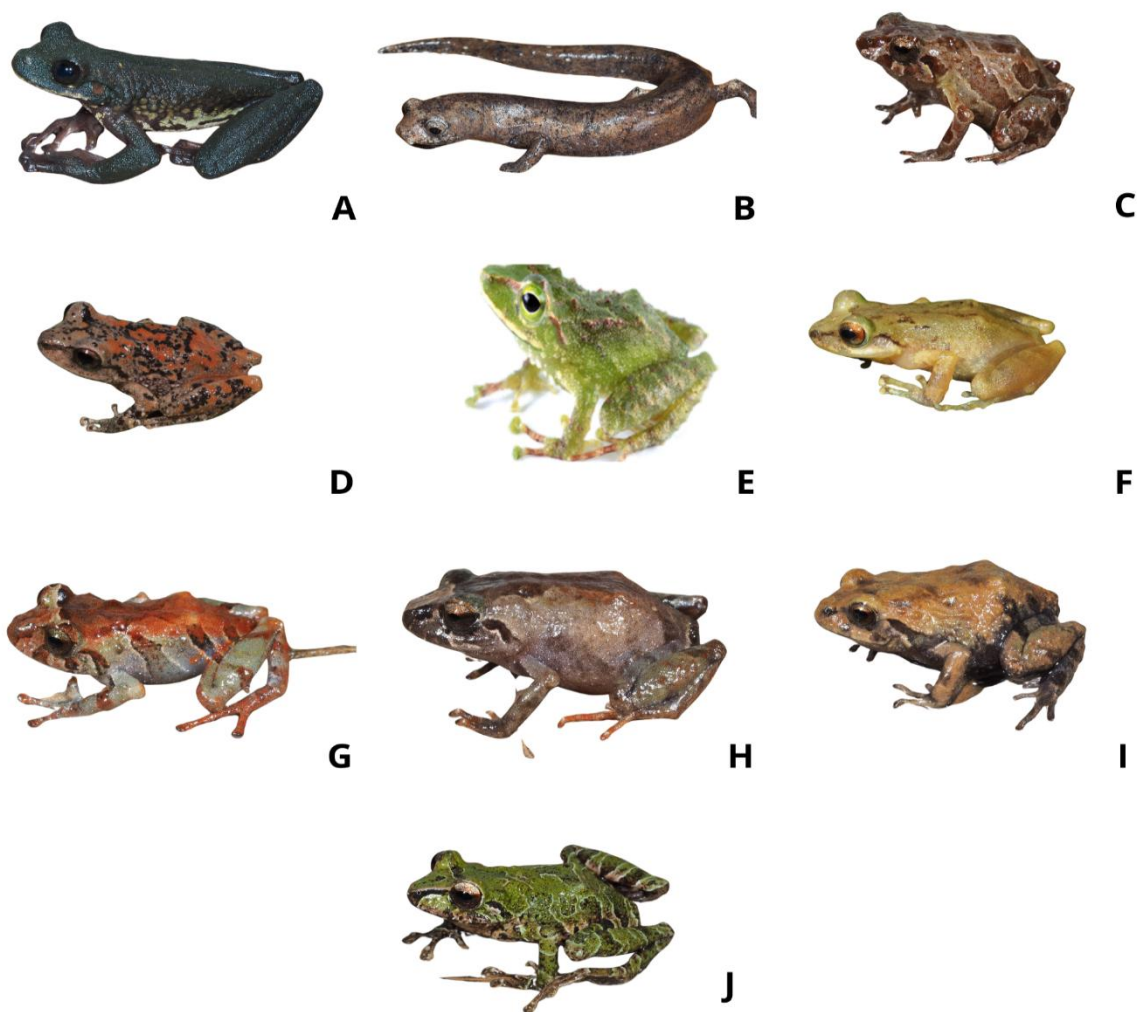
- Siqueira, C. D. C., & Rocha, C. F. D. (2013). Gradientes altitudinais: Conceitos e implicações sobre a biologia, a distribuição e a conservação dos anfíbios anuros. *Oecologia Australis*, 17(2), 282-302. <https://doi.org/10.4257/oeco.2013.1702.09>
- Székely, P., Cogălniceanu, D., Székely, D., Páez, N., & Ron, S. R. (2016). A new species of *Pristimantis* from southern Ecuador (Anura, Craugastoridae). *ZooKeys*,
- Thomsen, M. S., Altieri, A. H., Angelini, C., Bishop, M. J., Bulleri, F., Farhan, R., Frühling, V. M. M., Gribben, P. E., Harrison, S. B., He, Q., Klinghardt, M., Langeneck, J., Lanham, B. S., Mondardini, L., Mulders, Y., Oleksyn, S., Ramus, A. P., Schiel, D. R., Schneider, T., ... Zotz, G. (2022). Heterogeneity within and among co-occurring foundation species increases biodiversity. *Nature Communications*, 13(1), 581. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28194-y>
- Titon Junior, B., & Gomes, F. R. (2012). Balanço hídrico e a distribuição geográfica dos anfíbios. *Revista da Biologia*, 8, 49-57. <https://doi.org/10.7594/revbio.08.09>
- Wilson, S. J., & Rhemtulla, J. M. (2018). Small montane cloud forest fragments are important for conserving tree diversity in the Ecuadorian Andes. *Biotropica*, 50(4), 586-597. <https://doi.org/10.1111/btp.12542>
- Zancolli, G., Steffan-Dewenter, I., & Rödel, M.-O. (2014). Amphibian diversity on the roof of Africa: Unveiling the effects of habitat degradation, altitude and biogeography. *Diversity and Distributions*, 20(3), 297-308. <https://doi.org/10.1111/ddi.12161>

Apéndice

Apéndice A. Especies de anfibios registrados en la Estación Científica San Francisco

Figura A1

Especies de anfibios presentes en la Estación Científica San Francisco



Nota. Especies de anfibios registradas en la estación Estación Científica San Francisco **(A)** *Osteocephalus festae*. **(B)** *Bolitoglossa* sp. **(C)** *Pristimantis andinognomus*. **(D)** *Pristimantis balionotus*. **(E)** *Pristimantis galdi*. **(F)** *Pristimantis* aff. *Rhodostichus*. **(G)** *Pristimantis sagedunneae*. **(H)** *Pristimantis* aff. *vidua*. **(I)** *Pristimantis samanegoi*. **(J)** *Pristimantis versicolor*.

Apéndice B. Vista panorámica de la Estación Científica San Francisco

Figura B1

Vista panorámica de la zona de bosque montano bajo en la Estacion Científica San Francisco



Apéndice C. Trabajo de campo para el inventario de los anfibios en la Estación Científica

San Francisco

Figura B1

Muestreo de anfibios en los transectos del área de estudio

