



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Biología

**Estructura de la comunidad de anfibios diurnos de páramo al
sur del Ecuador**

Trabajo previo a la obtención del título de Biólogo

Autores:

Sammy Ramtha Reyes Trujillo

Ricardo Guillermo Serpa Correa

Director:

Blgo. Pedro Xavier Astudillo Webster, Ph. D

Cuenca – Ecuador

2026

Dedicatorias

Ricardo Guillermo Serpa Correa:

De manera muy especial, dedico esta tesis a mis padres quienes con sabiduría, entrega y amor han guiado mis pasos desde la infancia. Su ejemplo de esfuerzo, rectitud y perseverancia ha sido la luz que ha orientado mi camino, incluso en los momentos de mayor incertidumbre. A ellos debo no solo este logro, sino también los valores que me definen y la fortaleza que me impulsa a seguir adelante.

Sammy Ramtha Reyes Trujillo:

Dedico esta tesis primordialmente a mi madre, por su presencia incondicional en cada momento y su apoyo ante cualquier adversidad, superando siempre la distancia, su inmenso amor incondicional y los valores inculcados, todo lo dicho me ha servido de motor para seguir adelante para tener la satisfacción de convertirme en un profesional de lo que me apasiona.

Agradecimientos

Ricardo Guillermo Serpa Correa:

Expreso mi más profunda y sentida gratitud a mi tía Alicia, cuya generosidad y noble disposición hicieron posible que encontrara en su hogar no solo un espacio de acogida, sino también un ámbito de sosiego y amparo durante esta etapa de mi vida.

Sammy Ramtha Reyes Trujillo:

De manera especial doy mis agradecimientos a mi tía Beatriz y mi padrino Eduardo, quienes fueron pilares fundamentales en los distintos ámbitos de mi formación universitaria. Gracias a su respaldo y a mi propio esfuerzo, hoy culmino esta etapa.

Resumen

El páramo es un centro de diversidad y endemismo. En la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, sur de Ecuador, pocos estudios se han enfocado en la comunidad de anfibios diurnos. El presente estudio analizó la estructura y composición de esta comunidad. Ecuador. En total, se establecieron 14 transectos entre los 3500-3800 m s.n.m., para realizar búsquedas intensivas de anfibios diurnos. La curva de rarefacción alcanzó su asíntota, validando que el esfuerzo de muestreo. Cinco especies asociadas a 325 individuos fueron registradas. La abundancia estuvo dominada por *Pristimantis lutzae* (183 individuos) y *P. orestes* (85). El Análisis de Componentes Principales (PCA) explicó el 89.27% de la varianza total, identificando componentes de la comunidad de anfibios. La presencia de *Atelopus exiguus* resalta como una especie importante dentro de un componente (PC) de la comunidad, evidenciando a páramos ocupados por esta especie como zonas críticas para la conservación altoandina.

Palabras clave: Comunidad de anfibios, Macizo del Cajas, Estructura de comunidad, Conservación, *Atelopus exiguus*.

Abstract

The páramo is a center of biodiversity and endemism. In the Macizo del Cajas Biosphere Reserve, southern Ecuador, few studies have focused on the diurnal amphibian community. The present study analyzed the structure and composition of this community. A total of 14 transects were established between 3500 and 3800 m a.s.l. to conduct intensive surveys of diurnal amphibians. The rarefaction curve reached its asymptote, validating the sampling effort. Five species associated with 325 individuals were recorded. Abundance was dominated by *Pristimantis lutzae* (183 individuals) and *Pristimantis orestes* (85 individuals). The Principal Component Analysis (PCA) explained 89.27% of the total variance, identifying components of the amphibian community. The presence of *Atelopus exiguus* stands out as an important species within one community component (PC), highlighting páramos occupied by this species as critical areas for high-Andean conservation.

Keywords: Amphibian community, Macizo del Cajas, Community structure, Conservation, *Atelopus exiguus*.

Índice de contenidos

Dedicatorias	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Índice de anexos	viii
1. Introducción	1
2. Métodos	3
2.1 Área de estudio	3
2.2 Censo de anfibios	5
2.3 Análisis de datos	6
3. Resultados	8
Estructura de la comunidad	9
4. Discusión	13
5. Conclusiones	15
6. Bibliografía	16
Anexos	22

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas de 14 transectos utilizados para el monitoreo de anfibios diurnos en el ecosistema de páramo de la reserva de la biósfera del macizo del cajas, andes del sur de ecuador. _____	6
Tabla 2. Lista de especies de anfibios y sus abundancias registradas en 14 transectos en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador. _____	8
Tabla 3. Cargas vectoriales de los dos primeros componentes del análisis de componentes principales (PCA) para cinco especies de anfibios registradas en 14 transectos monitoreados en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador. _____	10

Índice de figuras

- Figura 1.** Mapa del área de estudio y ubicación de los 14 transectos para el monitoreo de anfibios en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador. _____ 4
- Figura 2.** Curva de acumulación de especies (línea continua) y estimador Chao1 (línea punteada) para anfibios registrados en 14 transectos en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador. _____ 9
- Figura 3.** Ordenación de la comunidad de anfibios registrados en 14 transectos en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador. Los círculos verdes indican los transectos, mientras que los vectores representan las cargas de las especies (líneas rojas para su contribución el PC1 y azules para el PC2). Véase Tabla 1 para los códigos de especies. _____ 10
- Figura 4.** Relación entre abundancia de especies y puntuaciones del PCA para la comunidad de anfibios de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador, comunidad descrita por el PC1 (70.9% de la varianza explicada), comunidad descrita por el PC2 (18.37% de la varianza explicada). Las flechas marcan los puntos de corte donde la comunidad tiene un cambio asociado a la abundancia de una especie o conjunto de especies. Véase Tabla 1 para códigos de especies. ____ 11

Índice de anexos

Anexo 1. Fotografía del transecto PCAD, tomada el 25 de diciembre de 2025. _____	22
Anexo 2. Fotografía de un hábitat de páramo del Macizo del Cajas, tomada 12 de febrero 2026. _____	23
Anexo 3. Fotografía del transecto PCDD, tomada el 12 de febrero de 2026 (panel superior) y fotografía del transecto B2, tomada el 12 de marzo de 2026 (panel inferior). _____	24
Anexo 4. Fotografía del transecto B1, tomada el 27 de marzo de 2026. _____	25
Anexo 5. Fotografía de una zona inundada dentro del transecto B3, tomada el 1 de abril de 2026 _____	26

1. Introducción

El ecosistema de páramo en los altos Andes constituye un importante centro de diversidad y endemismo y contiene una alta concentración de especies únicas (Mosquera et al., 2023; Ortega-Andrade et al., 2021). En el páramo, los anfibios son componentes esenciales de la comunidad de vertebrados y actúan como indicadores biológicos clave de la salud ambiental (Veintimilla et al., 2012). Su importancia radica en su alta sensibilidad fisiológica y ecológica frente a perturbaciones, lo que hace que su diversidad y abundancia respondan de manera directa a la cantidad y calidad del hábitat disponible (Astudillo et al., 2022; Pounds et al., 2006). Por lo tanto, constituyen elementos fundamentales para detectar alertas tempranas de degradación ambiental y por tanto, son indicadores para la funcionalidad de los ecosistemas (Hocking & Babbitt, 2014; Pounds et al., 2006).

A pesar de su importancia ecológica, esta diversidad de anfibios enfrenta presiones significativas asociadas a los cambios en el uso del suelo (Zabala-Forero y Urbina-Cardona, 2021). Los humanos en el páramo, particularmente la expansión de la ganadería y la agricultura, alteran el paisaje y disminuyen la heterogeneidad en la estructura y composición de la vegetación (García et al., 2020). Esta simplificación provoca una reducción en la disponibilidad de microhábitats y nichos ecológicos que pueden ser utilizados por los anfibios (Roach et al., 2020). Al estar sus requerimientos de humedad, temperatura y refugio estrechamente ligados a características muy específicas del hábitat, la pérdida de esta complejidad estructural afecta gravemente su viabilidad y supervivencia (Posse-Sarmiento & Banks-Leite, 2024). En este contexto, áreas de alta importancia biológica como la Reserva de la Biosfera del Macizo del Cajas (Astudillo et al., 2024), se vuelven escenarios cruciales para comprender estas dinámicas y enfocar los esfuerzos de conservación.

Históricamente, los estudios de anfibios en los ecosistemas altoandinos se han conducido a la escala de especie, priorizando las descripciones taxonómicas de especies crípticas (ej., Guayasamin et al., 2022; Sánchez et al., n.d.; Urgiles et al., 2017). En consecuencia, los enfoques ecológicos a escala de comunidad son requeridos para mejorar las decisiones de manejo y conservación (ej., Posse-Sarmiento & Banks-Leite, 2024). En adición, estudios a escala de comunidad permiten entender cómo está estructurado el ensamble de especies, definiendo su organización espacial y relaciones entre especies.

En este sentido, resulta imperante conocer la estructura y composición del ensamble de anfibios diurnos en la Reserva de la Biosfera del Macizo del Cajas, un centro de diversidad y endemismo. El uso de análisis multivariante y ordenaciones se presenta como una herramienta efectiva para entender el ensamble comunitario y, previamente ha sido utilizado para explorar la estructura de la comunidad de vertebrados en el páramo (ej., Barros et al., 2023). En consecuencia, este enfoque metodológico puede ser aplicado a escala de anfibios diurnos. Las ordenaciones permitirían evidenciar componentes y asociaciones que caracterizan a la comunidad. En general, se espera que la estructura de la comunidad sea mediada por asociaciones de los géneros *Atelopus* y *Pristimantis*. En particular, *Atelopus* estará integrando un componente de la comunidad asociado a transectos con mayor presencia de cuerpos de agua y zonas ribereñas (Astudillo et al., 2022). En adición, especies del género *Pristimantis* podrían consolidarse en otro componente de la comunidad, asociado a transectos con mayor presencia de pajonales y arbustos.

2. Métodos

2.1 Área de estudio

El área de estudio se localiza en los páramos del Área Nacional de Recreación Quimsacocha y su zona de influencia ($2^{\circ}55'25''$ S, $79^{\circ}21'57''$ W), situada dentro de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, al sur de Ecuador (Figura 1). La zona comprende un rango altitudinal entre los 3500 m s.n.m., y 3800 m s.n.m. La topografía del área es irregular y accidentada, producto de su origen glacial, caracterizándose por la presencia de pendientes pronunciadas y valles en forma de "U" (Bussmann et al., 2011; UNESCO, 2025). Estas formaciones geológicas permiten la configuración de arroyos, quebradas y cuerpos de agua lénticos, asociada a vegetación herbácea y arbustiva, la cual constituye en hábitats esenciales para la comunidad de anfibios (Astudillo et al., 2022).

El clima de la región presenta una temperatura media mensual que varía entre los 5 °C y 12 °C, con una precipitación media anual de entre 1200 mm y 1500 mm. El régimen de lluvias es bimodal, con una estación lluviosa principal entre marzo y mayo, y un segundo pico de menor intensidad de septiembre a febrero; el periodo de menores precipitaciones ocurre entre junio y agosto (Campozano et al., 2016). El tipo de vegetación dominante es el páramo herbáceo (Neill 1999). El páramo está caracterizado por hierbas nativas agregadas en penachos o macollas asociado, en zonas con mayor humedad, con plantas a manera de almohadillas y cojinetes (Astudillo et al., 2025). En hábitat semi abiertos, el páramo se caracteriza por una mayor cobertura de plantas arbustivas de baja altura (Astudillo et al., 2025).

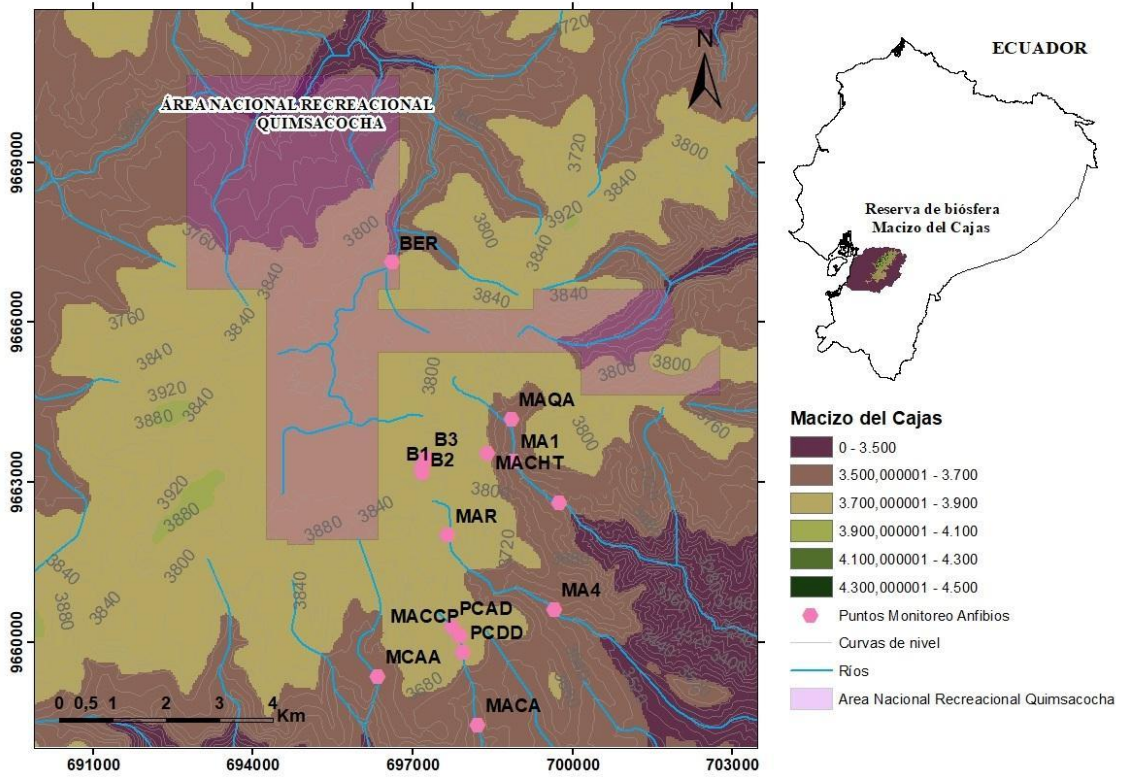


Figura 1. Mapa del área de estudio y ubicación de los 14 transectos para el monitoreo de anfibios en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador.

Fuente: Autores

2.2 Censo de anfibios

En total, se instalaron 14 transectos de 150 m de longitud por 25 m de ancho (Tabla 1; Astudillo et al., 2022), ubicados en la vegetación de ribera, paralelos a los cuerpos de agua como así también en áreas más alejadas dominadas por páramo herbáceo en asociación con plantas en almohadilla y arbustos dispersos (Anexo 1-6). En cada transecto, se registró a todos los individuos mediante búsquedas intensivas en microhábitats potenciales tales como rocas, troncos, macollas de pajonal, plantas en almohadilla, musgos y arbustos. Los censos de campo se llevaron a cabo en horario diurno (09:00 h a 15:00 h), con un esfuerzo de muestreo de una hora por transecto realizado por dos observadores. Para obtener una mayor representatividad de la comunidad y fortalecer el inventario, los registros de campo se complementaron con datos provenientes de la base de datos del Laboratorio de Ecología de la Universidad del Azuay. Esta información adicional corresponde a registros obtenidos en el área de estudio durante el periodo 2022-2023. En esta base de datos, todos los individuos observados fueron fotografiados *in situ* para su posterior identificación taxonómica a través de la plataforma digital *BioWeb* Ecuador (Ron et al., 2026).

Para evaluar la eficiencia del esfuerzo de muestreo y determinar qué tan completo fue el inventario de anfibios, se realizó una curva de acumulación de especies con el método de rarefacción (figura 2). Este método permitió conocer si los datos de 2022-2023 representan la riqueza total para el páramo del área de estudio (Colwell et al., 2012). Adicionalmente, se calculó el estimador de riqueza no paramétrico Chao 1, para saber si la riqueza es representativa de la región (Colwell et al., 2012).

La estimación de la riqueza mediante Chao 1 se realizó empleando la siguiente fórmula:

$$S_{chao1} = S_{obs} + \frac{f_1^2}{2f_2}$$

Donde S_{obs} es el número de especies observadas, f_1 es el número de especies con un solo individuo y f_2 es el número de especies con dos individuos (Colwell et al., 2012).

Tabla 1. Coordenadas de 14 transectos utilizados para el monitoreo de anfibios diurnos en el ecosistema de páramo de la reserva de la biósfera del macizo del cajas, andes del sur de ecuador.

Coordenadas UTM - WGS 84 (17S)			
Código transecto	X	Y	Elevación (m)
B1	697173	9663180	3794
B2	697182	9663301	3790
B3	697247	9663454	3791
BER	696618	9667127	3724
MA1	698896	9663408	3626
MA4	699662	9660619	3572
MACA	696343	9659370	3655
MACHT	698399	9663551	3735
MACCP	697887	9660133	3746
MAQA	698856	9664194	3650
MAR	697662	9662013	3752
MCAA	696343	9659370	3655
PCAD	697749	9660281	3755
PCDD	697937	9659823	3726

Fuente: Autores

2.3 Análisis de datos

Estructuras de la composición de la comunidad

La abundancia es considerada como el total de individuos por especie en cada transecto (Nur S. L. Jones, & G. R. Geupel, 1999). Para caracterizar la estructura de la comunidad, se aplicó un análisis de componentes principales (PCA), en base de una matriz de correlación. El PCA es un método ampliamente utilizado en estudios ecológicos para explorar patrones multivariados (ej., *Atelopus exiguus*, *Gastrotheca pseustes*, *Pristimantis cryophilus*) de comunidades biológicas (Gewers et al., 2022; Huettmann & Diamond, 2001; Vaughan & Ormerod, 2005). En adición, permite manejar diferentes especies, reduciendo problemas derivados de la multicolinealidad y facilitando el análisis incluso cuando el tamaño de la muestra es reducido (Graham, 2003; Jankowski et al.,

2009). Con el PCA se realizó una ordenación (solución 2D) para identificar cómo se organizan en el espacio bidimensional las especies de anfibios pesadas por sus abundancias (Jankowski et al., 2009; Palacio et al., 2020). Para el efecto, se seleccionaron los dos primeros componentes del PCA (PC) a través del método de la varilla rota (*broken-stick*). Finalmente, se usaron en las cargas factoriales del PCA (tabla 3), entendidas como los coeficientes de correlación entre la abundancia de cada especie y los componentes principales. Estas cargas reflejan el peso relativo de cada variable en la conformación de los componentes (Palacio et al., 2020). Para delimitar las especies representativas de la comunidad, se estableció un umbral conservador de carga ≥ 0.38 , criterio con el cual se retiene aproximadamente el 62 % de la información total.

Adicionalmente, se elaboraron diagramas de dispersión para identificar qué especies conforman o representan agrupaciones de la comunidad anfibios para cada componente del PCA (PC1, PC2). Para el efecto, se usó las abundancias por especie y las coordenadas del PC1 y PC2 por transecto. En consecuencia, se delimitó a las especies asociadas a cada componente a través de puntos de corte dentro de los gráficos (ej., *Pristimantis orestes*, *Pristimantis lutzae*). Los puntos de corte corresponden a umbrales donde se evidencian cambios notorios o abruptos en la abundancia (por incremento o disminución), y explican cómo una especie o un grupo de especies integra un componente y por tanto una comunidad determinada (Ballance et al., 1997; Huettmann & Diamond, 2001).

3. Resultados

En total, se registraron 325 individuos asociados a cinco especies y tres familias (Tabla 2). La especie más abundante fue *Pristimantis lutzae* (56.3 % de los registros), seguida por *Pristimantis orestes* (26.2 % de los registros) y *Atelopus exiguus* (9.8 % de los registros). Las menos abundantes fueron *Gastrotheca pseustes* (7.4 % de los registros) y *Pristimantis cryophilus* (< 1 % de los registros).

Tabla 2. Lista de especies de anfibios y sus abundancias registradas en 14 transectos en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador.

Familia	Especie	Nombre común	Código	Abundancia
Strabomantidae	<i>Pristimantis orestes</i>	Cutín de Urdaneta	PROR	85
Strabomantidae	<i>Pristimantis lutzae</i>	Cutín de Lutz	PRLU	183
Bufonidae	<i>Atelopus exiguus</i>	Jambato de Mazán	ATEX	32
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca pseustes</i>	Rana marsupial de San Lucas	GAPS	24
Strabomantidae	<i>Pristimantis cryophilus</i>	Cutín de San Vicente	PRCR	1

Fuente: Autores

La curva de acumulación de especies mostró que llegó a su asíntota (Figura 2) evidenciando que el esfuerzo de muestreo es representativo. Adicionalmente, el estimador de riqueza Chao1, alcanza el mismo valor de la rarefacción (5 especies), por tanto, es una representación de la diversidad regional (Figura 2).

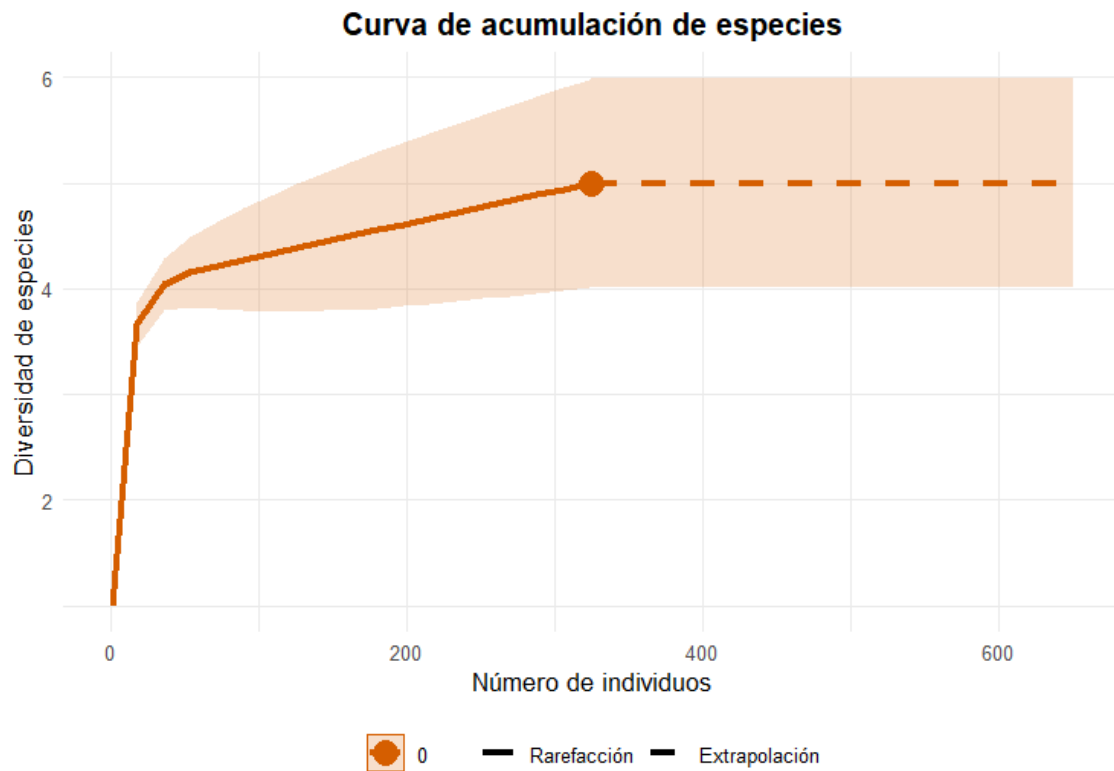


Figura 2. Curva de acumulación de especies (línea continua) y estimador Chao1 (línea punteada) para anfibios registrados en 14 transectos en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador.

Fuente: Autores

3.1 Estructura de la comunidad

Los dos primeros componentes del análisis de componentes principales (PCA) explican el 89.27 % de la varianza total (Tabla 3). El primer componente (PC1 = 70.9 %) refleja un gradiente de cambio que refleja un incremento en la abundancia de *P. lutzae* y *P. orestes*, mientras que el segundo componente. El segundo componente (PC2 = 18.37 %) refleja un gradiente de cambio que refleja un incremento en la abundancia de *A. exiguus* y *G. pseustes* (Figura 3).

Tabla 3. Cargas vectoriales de los dos primeros componentes del análisis de componentes principales (PCA) para cinco especies de anfibios registradas en 14 transectos monitoreados en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador.

Especies	PC1 (70.9%)	PC2 (18.37%)
Rana marsupial de San Lucas (<i>Gastrotheca</i>	0,021	0,045
Cutín de Lutz (<i>Pristimantis lutzae</i>)	-0,947	0,283
Cutín de Urdaneta (<i>Pristimantis orestes</i>)	-0,183	-0,093
Jambato de Mazán (<i>Atelopus exiguus</i>)	0,262	0,953
Cutín de San Vicente (<i>Pristimantis cryophilus</i>)	0,01	0,039

Fuente: Autores

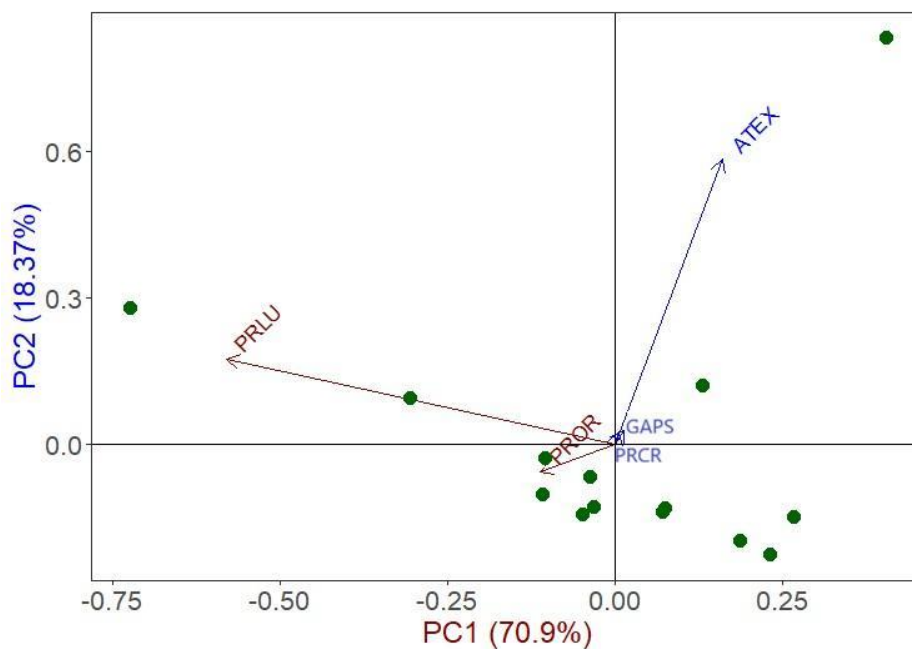


Figura 3. Ordenación de la comunidad de anfibios registradas en 14 transectos en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador. Los círculos verdes indican los transectos, mientras que los vectores representan las cargas de las especies (líneas rojas para su contribución el PC1 y azules para el PC2). Véase Tabla 1 para los códigos de especies.

Fuente: Autores

En los diagramas de dispersión (Figura 4) se identificó visualmente la contribución de la abundancia de las especies a los componentes PC1 y PC2. En el eje PC1, hay un cambio marcado en valores desde 5.98 a 17.84, en este intervalo de corte *P. lutzae* y *P. orestes* incrementan su abundancia, mientras que *A. exiguus* solo incrementa su abundancia hacia el final del intervalo (17.84). En el eje PC2, hay un cambio marcado en valores desde -12.94 a -30.55, en este intervalo de corte *P. lutzae* incrementa su abundancia; sin embargo, hacia el extremo positivo, en el valor de 17.04 la abundancia de *A. exiguus* incrementa (Figura 4). En este sentido, tanto *P. lutzae* como *A. exiguus* emergen como especies importantes que marcan la característica de la estructura de la comunidad de anfibios.

Tabla 3: Loadings de los dos primeros componentes del análisis de componentes principales (PCA) para cinco especies de anfibios registradas en 14 transectos monitoreados en el ecosistema de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador.

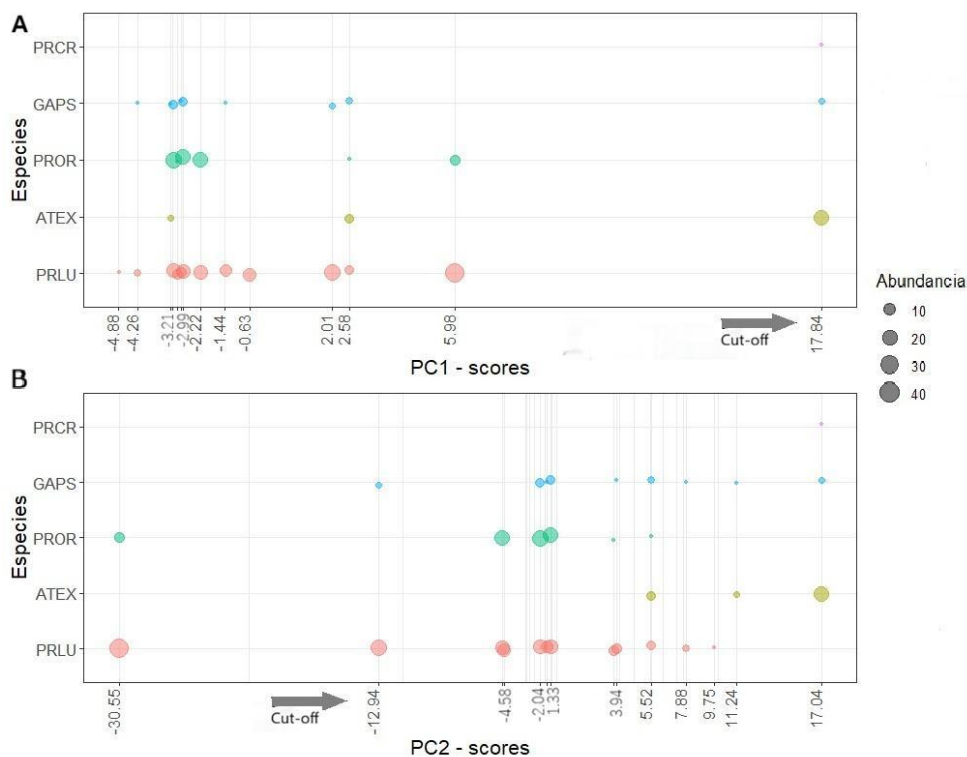


Figura 4. Relación entre abundancia de especies y puntuaciones del PCA para la comunidad de anfibios de páramo de la Reserva de la Biósfera del Macizo del Cajas, Andes del sur de Ecuador, comunidad descrita por el PC1 (70.9% de la varianza explicada), comunidad descrita por el PC2 (18.37% de la varianza explicada). Las flechas marcan los puntos de corte donde la comunidad tiene un cambio asociado a la

abundancia de una especie o conjunto de especies. Véase Tabla 1 para códigos de especies.

Fuente: Autores

4. Discusión

El hallazgo principal de este estudio revela que la comunidad de anfibios diurnos en el páramo del Macizo del Cajas se organiza en dos ensamblajes distintivos (descritos por PC1 y PC2). En el primer ensamble, PC1 está correlacionado con *P. lutzae* y, en menor magnitud por *P. orestes*. En el segundo ensamble, PC2 está correlacionado con *A. exiguus* y, en menor magnitud por *G. pseustes*. En adición, los diagramas de dispersión muestran que *P. lutzae* y *A. exiguus* son especies características, cuya abundancia es determinante en la estructura de ambos ensamblajes. Estos resultados se pueden explicar por la disponibilidad de microhábitats en el páramo. En páramos herbáceos y arbustivos, los anfibios del grupo *P. lutzae* dominan la comunidad; mientras que, en páramos más húmedos con cuerpos de agua, los anfibios del grupo *A. exiguus* emergen como característicos de la comunidad.

Este patrón es característico de los páramos de la región (Astudillo et al., 2022; Urgiles et al., 2021), en donde microhábitats específicos soportan especies de anfibios altamente especializadas. Por ejemplo, *P. lutzae* y *P. orestes* son anuros de desarrollo directo que dependen de gradientes sutiles de hábitat asociadas con vegetación baja, herbácea y almohadillada, ocupando refugios terrestres (ej., bajo rocas) con un microclima específico o vegetación (Almendáriz & Orcés 2004; Yáñez-Muñoz et al. (2022). Dicha subdivisión del hábitat constituye un mecanismo clave que permite la coexistencia en comunidades diversas tales como los anfibios altoandinos (Lynch, 2011; Navas, 2002; González-del-Pliego et al., 2020; Ron et al., 2024).

En adición, los métodos propuestos en este estudio no solo aplican para especies abundantes (ej., *P. lutzae* con el 56% de los registros), sino también a especies raras tales como *A. exiguus* (9.8 %) y *P. cryophilus* (< 1 %). Esto es particularmente importante, ya que son especies que se encuentran en peligro crítico y vulnerable, respectivamente, a la extinción en el Ecuador (Ortega-Andrade et al., 2021). En adición, ambas especies requieren subdivisiones del hábitat aún específicas. Por ejemplo, *P. cryophilus* tiene adaptaciones específicas a microhábitats naturales en condiciones de frío extremo (González-del-Pliego et al., 2020); mientras que, *A. exiguus* ocupa hábitats ribereños asociados a cuerpos de agua corriente con una buena calidad biológica del agua (Astudillo et al., 2022). En consecuencia, este estudio demuestra que los páramos son prioritarios para la conservación de especies comunes como crípticas, especialistas de hábitat y con amenaza a la extinción. En el ecosistema de páramo, por tanto, investigaciones

adicionales deben enfocarse a entender los efectos de las quemas, el avance agrícola y el pastoreo (actividades comunes en el páramo), como impulsores de una pérdida de especies altamente especializadas (Hofstede et al., 2003).

La mayoría de los anfibios neotropicales presentan picos de actividad nocturno (Angulo et al., 2006; Heyer et al., 1994). Por lo tanto, este estudio debe ser interpretado como complementario a los esfuerzos de monitoreo de toda la comunidad de anfibios. Este enfoque podría capturar la variación total de la diversidad de anfibios, mejorando las decisiones de manejo y conservación en áreas altamente endémicas como es el Macizo del Cajas. Por ejemplo, la aplicación de este tipo de monitoreo integral podría facilitar la detección temprana de procesos de perturbación ambiental, orientando los esfuerzos hacia la protección de microhábitats específicos a través del paisaje (Catenazzi, 2015; Ron et al., 2024). Integrar estas evaluaciones en programas a largo plazo es esencial para asegurar la resiliencia de los ensamblajes de anfibios ante las presiones ambientales actuales (UICN, 2023).

5. Conclusiones

La comunidad de anfibios diurnos en el páramo del Macizo del Cajas está integrada por cinco especies pertenecientes a tres familias. El esfuerzo de muestreo fue representativo, alcanzando una asíntota en la curva de acumulación de especies y una trayectoria estabilizada según el estimador de riqueza *Chao1*.

La estructura y composición de la comunidad es explicada por el 89.27 % de la varianza total del PCA. El primer componente (PC1) conforma un ensamble de la comunidad correlacionado con las especies *P. lutzae* y *P. Orestes*. El segundo componente (PC2) responde a un ensamble de la comunidad correlacionado con las especies *A. exiguus* y *G. pseustes*.

La contribución por abundancia revela una importancia para la estructura de la comunidad de *P. lutzae* y *A. exiguus*. Esta contribución, refleja microhábitats especializados, tanto como pajonales, almohadillas y cuerpos de agua corriente de buena calidad.

El monitoreo diurno es una herramienta complementaria para mejorar los esfuerzos de monitoreo para comunidades de anfibios diversas, endémicas y con especies crípticas.

6. Bibliografía

- Almendáriz, A., & Orcés, G. (2004). Distribución de algunas especies de la herpetofauna de los pisos altoandino, temperado y subtropical. *Biología*, 5, 97–150. <https://bibdigital.epn.edu.ec>
- Astudillo, P. X., Barros, S., Mejía, D., Villegas, F. R., Siddons, D. C., & Latta, S. C. (2024). Using surrogate species and MaxEnt modeling to prioritize areas for conservation of a páramo bird community in a tropical high Andean biosphere reserve. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 56(1). <https://doi.org/10.1080/15230430.2023.2299362>
- Astudillo, P. X., Jiménez, R., Siddons, D. C., & Timbe, B. (2022). New occurrences and habitat description of southern Ecuador endemic frog *Atelopus exiguus* (Anura: Bufonidae) from a conservation hotspot in the high Andes. *Revista Peruana de Biología*, 29(3), e22742. <https://doi.org/10.15381/rpb.v29i3.22742>
- Astudillo, P. X., Porras, P., Siddons, D. C., Barnuevo, E., & Barros, S. (2025). Human disturbance promotes an increasing abundance of shrubby plants in the páramo landscape of southern Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 73(1), e61916. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v73i1.61916>
- Ballance, L. T., Pitman, R. L., & Reilly, S. B. (1997). Seabird community structure along a productivity gradient: Importance of competition and energetic constraint. *Ecology*, 78(5), 1502–1518. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1997\)078](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078) [1502:SCSAAP]2.0.CO;2
- Barros, S., Porras, P., Landázuri, B., Siddons, D. C., Latta, S. C., & Astudillo, P. X. (2023). Community structure of raptors in the páramo landscape of the Ecuadorian Andes. *Revista de Biología Tropical*, 71(1). <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.51382>
- Becker, C. G., Fonseca, C. R., Haddad, C. F., Batista, R. F., & Prado, P. I. (2007). Habitat split and the global decline of amphibians. *Science*, 318(5857), 1775–1777. <https://doi.org/10.1126/science.1149374>

- Campozano, L., Célleri, R., Trachte, K., Bendix, J., & Samaniego, E. (2016). Rainfall and cloud dynamics in the Andes: A southern Ecuador case study. *Advances in Meteorology*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3192765>
- Carvajal-Endara, S., Coloma, L. A., Morales-Mite, M. A., Guayasamin, J. M., Székely, P., & Duellman, W. E. (2019). Phylogenetic systematics, ecology, and conservation of marsupial frogs (Anura: Hemiphractidae) from the Andes of southern Ecuador, with descriptions of four new biphasic species. *Zootaxa*, 4562(1), 1–175. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4562.1.1>
- Catenazzi, A. (2015). State of the world's amphibians. *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 91–119. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021358>
- Cisneros-Heredia, D. F. (2006). A checklist of the amphibians of the main domains of Ecuador. *La Ciencia y el Mundo*, 3, 22–35.
- Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S. Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5(1), 3–21. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtr044>
- Duellman, W. (1987). Marsupial frogs (Anura: Hylidae: *Gastrotheca*) of the Ecuadorian Andes: Resolution of taxonomic problems and phylogenetic relationships. *Herpetologica*, 43(2), 141–173.
- García, V. J., Márquez, C. O., Rodríguez, M. V., Orozco, J. J., Aguilar, C. D., & Ríos, A. C. (2020). Páramo ecosystems in Ecuador's southern region: Conservation state and restoration. *Agronomy*, 10(12), 1922. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121922>
- Gewers, F. L., Ferreira, G. R., De Arruda, H. F., Silva, F. N., Comin, C. H., Amancio, D. R., & Costa, L. D. F. (2022). Principal component analysis: A natural approach to data exploration. *ACM Computing Surveys*, 54(4), 1–33. <https://doi.org/10.1145/3447755>
- González-del-Pliego, P., Scheffers, B. R., Freckleton, R. P., Basham, E. W., Araújo, M. B., Acosta-Galvis, A. R., Medina Uribe, C. A., Haugaasen, T., & Edwards, D. P.

- (2020). Thermal tolerance and the importance of microhabitats for Andean frogs in the context of land use and climate change. *Journal of Animal Ecology*, 89(11), 2451–2460. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13309>
- Graham, M. H. (2003). Confronting multicollinearity in ecological multiple regression. *Ecology*, 84(11), 2809–2815.
- Grubb, P. J., Lloyd, J. R., Pennington, T. D., & Páez-Bimos, S. (2020). A historical baseline study of the páramo of Antisana in the Ecuadorian Andes including the impacts of burning, grazing and trampling. *Plant Ecology and Diversity*, 13(3–4), 225–256. <https://doi.org/10.1080/17550874.2020.1819464>
- Guayasamin, J. M., Brunner, R. M., Valencia-Aguilar, A., Franco-Mena, D., Ringler, E., Armijos, A. M., Morochz, C., Bustamante, L., Maynard, R. J., & Culebras, J. (2022). Two new glassfrogs (Centrolenidae: *Hyalinobatrachium*) from Ecuador, with comments on the endangered biodiversity of the Andes. *PeerJ*, 10, e13109. <https://doi.org/10.7717/peerj.13109>
- Hervas, F., Coloma, L. A., & Ron, S. R. (2019). Estudio de la resiliencia y ecología de comunidades de anfibios en áreas protegidas de los Andes. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 812–825.
- Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C., & Foster, M. S. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press.
- Hocking, D. J., & Babbitt, K. J. (2014). Amphibian contributions to ecosystem services. *Herpetological Conservation and Biology*, 9(1), 1–17.
- Hofstede, R., Pool, S., & Mena, P. (2003). *Los páramos del mundo*. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos.
- Huettmann, F., & Diamond, A. W. (2001). Using PCA scores to classify species communities: An example for pelagic seabird distribution. *Journal of Applied Statistics*, 28(7), 843–853. <https://doi.org/10.1080/02664760120074933>
- Jackson, D. A. (1993). Stopping rules in principal components analysis: A comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology*, 74(8), 2204–2214.

- Jankowski, J. E., Ciecka, A. L., Meyer, N. Y., & Rabenold, K. N. (2009). Beta diversity along environmental gradients: Implications of habitat specialization in tropical montane landscapes. *Journal of Animal Ecology*, 78(2), 315–327. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01487.x>
- Lötters, S. (1996). *The Neotropical toad genus Atelopus: Checklist, biology, distribution*. VWB Verlag für Wissenschaft und Bildung.
- Lynch, J. D. (2011). *Leptodactylid frogs of the genus Eleutherodactylus in the Andes of northern Ecuador and adjacent Colombia*. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.16289>
- Mosquera, G. M., Hofstede, R., Bremer, L. L., Asbjornsen, H., Carabajo-Hidalgo, A., Célleri, R., et al. (2023). Frontiers in páramo water resources research: A multidisciplinary assessment. *Science of the Total Environment*, 892, 164373. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164373>
- Navas, C. A. (1999). Biodiversity and conservation of Andean amphibians: Genetic and physiological adaptations to high elevation. *Biodiversity & Conservation*, 8(1), 173–189.
- Navas, C. A. (2002). Herpetological diversity along Andean elevational gradients: Links with physiological ecology and evolutionary physiology. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133(3), 469–485. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(02\)00207-6](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(02)00207-6)
- Naveda-Rodríguez, A., Vargas, F. H., Kohn, S., & Zapata-Ríos, G. (2016). Andean condor (*Vultur gryphus*) in Ecuador: Geographic distribution, population size and extinction risk. *PLOS ONE*, 11(3), e0151827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151827>
- Nur, N., Jones, S. L., & Geupel, G. R. (1999). *Statistical guide to data analysis of avian monitoring programs*. U.S. Fish and Wildlife Service.
- Ortega-Andrade, H. M., Rodes Blanco, M., Cisneros-Heredia, D. F., Guerra Arévalo, N., López de Vargas-Machuca, K. G., Sánchez-Nivicela, J. C., et al. (2021). Red List assessment of amphibian species of Ecuador: A multidimensional approach for their conservation. *PLOS ONE*, 16(5), e0251027. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251027>

- Palacio, F. X., Apodaca, M. J., & Crisci, J. V. (2020). *Análisis multivariado para datos biológicos: Teoría y su aplicación utilizando R*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/341446029>
- Posse-Sarmiento, V., & Banks-Leite, C. (2024). The effects of edge influence on the microhabitat, diversity and life-history traits of amphibians in western Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*, 40, e2. <https://doi.org/10.1017/S026646742400004X>
- Pounds, J. A., Bustamante, M. R., Coloma, L. A., Consuegra, J. A., Fogden, M. P. L., Foster, P. N., et al. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, 439(7073), 161–167. <https://doi.org/10.1038/nature04246>
- Roach, N. S., Urbina-Cardona, N., & Lacher, T. E. (2020). Land cover drives amphibian diversity across steep elevational gradients in an isolated neotropical mountain range: Implications for community conservation. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00968. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00968>
- Sánchez-Nivicela, J. C., Urgiles, V. L., Cedeño-Palacios, J., Abad-Peñañiel, H., & Guayasamin, J. M. (s.f.). Una fantástica nueva especie del grupo *Pristimantis orcesi* de los Andes sur de Ecuador. *Neotropical Biodiversity*. <https://ikiam.researchcommons.org/neotropical-diversity/vol6/iss1/25/>
- UICN. (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species* (Versión 2023-1). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. <https://www.iucnredlist.org>
- Urgiles, V. L., Posse, V., Timbe, B. A., Astudillo, P. X., & Sánchez-Nivicela, J. C. (2017). A new terrestrial frog (Anura: Craugastoridae) from the montane cloud forests of the southeastern Ecuadorian Andes. *Zootaxa*, 4318(3), 520–530. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4318.3.5>
- Urgiles, V. L., Ramírez, E. R., Villalta, C. I., Siddons, D. C., & Savage, A. E. (2021). Three pathogens impact terrestrial frogs from a high-elevation tropical hotspot. *EcoHealth*, 18(4), 451–464. <https://doi.org/10.1007/s10393-021-01570-8>
- Vaughan, I. P., & Ormerod, S. J. (2005). Increasing the value of principal components analysis for simplifying ecological data: A case study with rivers and river birds.

Journal of Applied Ecology, 42(3), 487–497. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01038.x>

Veintimilla, D., Salinas, K., & Aguirre, N. (2012). Patrones de diversidad de anuros en el ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/105>

Yáñez-Muñoz, M. H., Sánchez-Nivicela, J. C., & Székely, P. (2022). *Pristimantis lutzae*. AmphibiaWebEcuador (Versión 2024.0). Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiweb/FichaEspecie/Pristimantis%20lutzae>

Zabala-Forero, F., & Urbina-Cardona, N. (2021). Respuestas de la diversidad taxonómica y funcional a la transformación del paisaje: Relación de los ensamblajes de anfibios con cambios en el uso y cobertura del suelo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92, e923443. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3443>

Anexos



Anexo 1. Fotografía del transecto PCAD, tomada el 25 de diciembre de 2025.



Anexo 2. Fotografía de un hábitat de páramo del Macizo del Cajas, tomada 12 de febrero 2026.



Anexo 3. Fotografía del transecto PCDD, tomada el 12 de febrero de 2026 (panel superior) y fotografía del transecto B2, tomada el 12 de marzo de 2026 (panel inferior).



Anexo 4. Fotografía del transecto B1, tomada el 27 de marzo de 2026.



Anexo 5. Fotografía de una zona inundada dentro del transecto B3, tomada el 1 de abril de 2026