



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA**

TÍTULO DE BIÓLOGO

**Diversidad de anfibios de la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento**

ARTÍCULO ACADÉMICO.

**AUTOR:** Hualpa Vega, Santiago Fernando

**DIRECTOR:** Székely, József Paul

LOJA – ECUADOR

2020

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL ARTÍCULO ACADÉMICO

Doctor.

Székely József Paul.

### DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Diversidad de anfibios de la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento realizado por Hualpa Vega Santiago Fernando, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, julio de 2020

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Hualpa Vega Santiago Fernando declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Diversidad de anfibios de la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento, de la Titulación de Biología, siendo Székely József Paul director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f. ....

Autor: Hualpa Vega Santiago Fernando

Cédula: 1105636581

## **DEDICATORIA**

A mis amigos, a mi novia y a mi familia por su apoyo incondicional, especialmente para mi madre, la mujer que más admiro.

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento más grande para mi director Paul Székely por el constante apoyo y orientación. Mi enorme gratitud para Leonardo Ordoñez y Diego Armijos por sus consejos y sugerencias. A la Reserva Biológica Cerro Plateado con todo su personal administrativo y guardaparques por permitirnos el acceso a sus bosques protegidos. También, un agradecimiento grande para Jorge Brito para compartir con nosotros sus datos de campo.

Un agradecimiento especial para Víctor Romero, Pablo Loaiza, Diana Székely, Ronal Villalta, Patricio Paqui, Paola Ordoñez, Alex Correa, Ángel Pineda, Rene Cabrera, Gilbert Díaz y Frans Rojas por su asistencia y compañía en el campo.

A mi madre, mi padre, mi hermano y mi hermana, por apoyarme constantemente durante éste y todos los procesos de mi vida. Con su cariño y atención han sabido orientarme por el mejor camino. A mi novia Joselyn, una de las personas más importantes que han llegado a mi vida. Gracias por tu constante apoyo y compañía durante gran parte de la carrera.

Finalmente un agradecimiento infinito para mis amigos José Castillo, Luis Román, Brandon Jaramillo, Roger Romero, Diego Piedra, Daniel Sarango, Alexander Carrillo, Lizbeth Espinoza, Francisco Beltrán, Danilo Patiño, José Vladimir, Arantxa Ortega, Daniel Peña, Wilson Zúñiga, Jonathan Cueva, May Platt, Jorge Briones, Lindaly Tapia, Valentina Espinoza, Jimmy Japón, Daniel Sanmartín, Michael Pineda, Elvis Castillo, Edgar Ramón, Ricardo Albuja, Brigitte Fuertes y Paúl Jara, por sus consejos y sobre todo por su amistad y también porque hicieron que esta experiencia universitaria sea la mejor.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL ARTÍCULO ACADÉMICO .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. METODOLOGÍA .....	4
2.1. Área de estudio.....	4
2.2. Recolección de datos.....	5
2.3. Colecta de especímenes.....	7
2.4. Análisis de datos.....	7
3. RESULTADOS.....	8
3.1. Diversidad y composición de especies.....	8
3.2. Mapas de registros y análisis espaciales.....	15
4. DISCUSIÓN .....	19
5. CONCLUSIONES .....	22
6. RECOMENDACIONES .....	23
7. BIBLIOGRAFÍA .....	23

## RESUMEN

La diversidad total de la anfibiofauna presente en la Cordillera del Cóndor es aún desconocida y gran parte de la información disponible aún evidencia vacíos de conocimiento. El presente estudio se lo realizó en la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento, ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe, sureste de Ecuador. Se definieron tres zonas de muestreo que abarcaron diferentes pisos ecosistémicos en donde se trabajó con la metodología de revelamiento por encuentro visuales y transectos de bandas auditivas. En el estudio se reporta una riqueza de 46 especies distribuidas en tres órdenes y 10 familias. El 15% de las especies registradas entraron en una categoría de amenaza y un porcentaje considerable (19,6%) no muestran una evaluación. El sitio con la mayor diversidad y riqueza fue el sitio Romerillos (RM) con 26 especies y por el contrario el sitio Las Tarántulas (LT) fue el que presentó la diversidad y riqueza más bajas con 19 especies. Las familias más representativas en la zona de estudio fueron Bufonidae, Hylidae y Strabomantidae, encontrándose por todos los puntos explorados de la reserva y su área de influencia. Se determinó que solo se ha explorado un 4,9% del territorio protegido, existiendo aún una vasta área sin explorar. Finalmente hacemos referencia al potencial de especies nuevas que pueden salir de este inventario (34,8%) y la importancia de la Reserva Biológica Cerro Plateado como sitio para la conservación de los anfibios.

**PALABRAS CLAVE:** riqueza de especies; composición de especies; distribución; extensión de ocurrencia; Cordillera del Cóndor.

## ABSTRACT

The amphibian diversity present in the Cordillera del Cóndor is poorly known and much of the available information is very scarce. The present study was carried out in the Cerro Plateado Biological Reserve and its buffer zone, located in the Zamora Chinchipe province, southeast Ecuador. Three sampling zones were defined that covered different ecosystems in which we worked with visual and auditory encounter surveys. In the current study we report 46 species distributed in three orders and 10 families. Fifteen percent of the registered species are threatened and a considerable percentage (19.6%) are not evaluated. The site with the greatest diversity and richness was the Romerillos (RM) with 26 species, conversely, Las Tarántulas (LT) was the site with the lowest diversity and richness with 19 species. The most representative families in the study area were Bufonidae, Hylidae and Strabomantidae, being found in all the sampling points of the reserve and its buffer zone. We determined that only 4.9% of the protected territory has been explored, with the vast majority being unexplored. Finally, we refer to the potential of new species (34.8%) that may emerge from this study and the importance of the Cerro Plateado Biological Reserve as a site for amphibian conservation.

**KEY WORDS:** species richness; species composition; distribution; extent of occurrence; Cordillera del Cóndor.



## 1. INTRODUCCIÓN

Los anfibios constituyen uno de los grupos de vertebrados más estudiados y alcanzan a la actualidad 629 especies descritas (Ron et al., 2019). A pesar de ser un país tan rico y diverso en anfibios, el Ecuador es uno de los países más afectados por el declive y extinción de las poblaciones de anfibios, con más del 70% de los anfibios ecuatorianos se encuentran dentro de una categoría de amenaza (IUCN, 2019). Las especies con los mayores niveles de amenaza en el Ecuador están distribuidas en los Andes, sobre todo en los bosques montanos de las estribaciones orientales y occidentales (Ron et al., 2011, 2019). Y así mismo los bosques más conservados de la región son los que se encuentran al este de la cordillera de los Andes como, por ejemplo, Volcán Sumaco, Cordillera de Galeras, Cordillera de Cutucú y Cordillera del Cóndor (Lessmann et al., 2014; Ron et al., 2011).

La Cordillera del Cóndor es una cadena montañosa que se extiende 150 kilómetros de norte a sur en los límites de Ecuador y Perú (Schulenberg et al., 1997). Es considerada una de las regiones más ricas de América del Sur en términos de flora y fauna (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016; Neill, 1999; Schulenberg et al., 1997). Además, forma parte del hotspot de biodiversidad andes tropicales, constituyéndose así en una zona de gran valor para la conservación a nivel mundial (Mittermeier et al., 1998).

La riqueza de especies totales de anfibios que presenta la Cordillera del Cóndor es aún desconocida y gran parte de la información disponible aún sigue evidenciando vacíos de conocimiento (Almendáriz et al., 2014). Durante los últimos años han sido de gran importancia los esfuerzos por estudiar las especies de anfibios de esta cordillera, esto lo demuestra la reciente descripción de especies como *Hyloscirtus hillisi* (Ron et al., 2018), *Chiasmocleis parkeri* (Almendáriz et al., 2017), *Pristimantis barrigai* (Brito & Almendáriz, 2018), *Pristimantis nangaritzza* (Páez & Ron, 2019), *Pristimantis muranunka* (Brito et al., 2017), *Pristimantis yantzaza* (Valencia et al., 2017). Gran parte de la Cordillera del Cóndor enfrenta diariamente problemas de contaminación de los sistemas hídricos producto de la minería, la tala y la expansión de la actividad agrícola (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016; Tapia-Armijos et al., 2015; Wunder, 1996). Además, el cambio climático sumado a todos estos factores en conjunto, han hecho que mucha de la diversidad biológica de esta región se vea amenazada de extinción (Alford et al., 2007; Chicaiza, 2010; Ron et al., 2003).

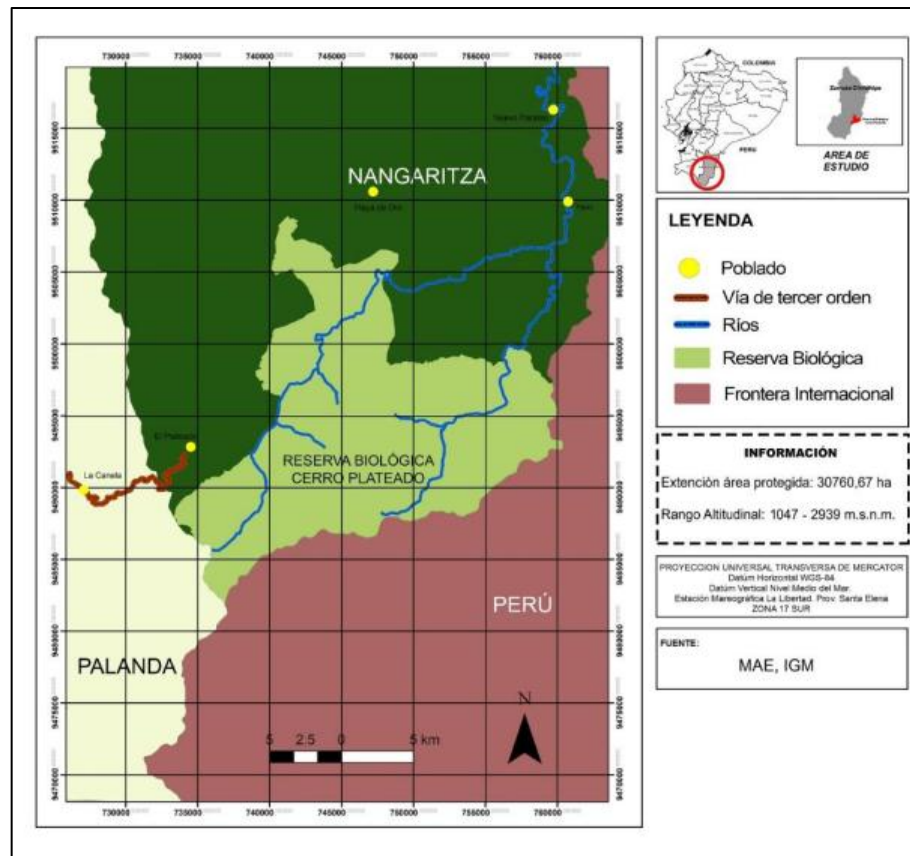
La reserva Biológica Cerro Plateado a pesar de ubicarse en una zona con altos niveles de diversidad y endemismo como lo es la Cordillera del Cóndor, es de los lugares menos estudiados y explorados de esta región (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016). La escasa investigación científica dentro de esta área ha sido uno de los puntos focales para el desarrollo del presente trabajo, en este documento proporcionamos información de la riqueza

y composición de anfibios presentes en esta área. Además, mostramos evidencia del potencial de nuevas especies que tiene el área, así como también el ser considerada una zona de gran importancia para la conservación de los anfibios.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Área de estudio

El presente estudio se lo realizó en la Reserva Biológica Cerro Plateado y en su zona de amortiguamiento, la misma que se localiza en los cantones Nangaritza y Palanda en la provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. La zona de amortiguamiento de la reserva está compuesta por numerosas comunidades Shuar y algunos colonos que en gran medida se dedican a la actividad ganadera como su principal medio de subsistencia económica (GAD Parroquial La Canela, 2015; GAD Parroquial Nuevo Paraíso, 2015).



**Figura 1.** Mapa de la Reserva Biológica Cerro Plateado, Provincia de Zamora Chinchipe, sureste Ecuador.

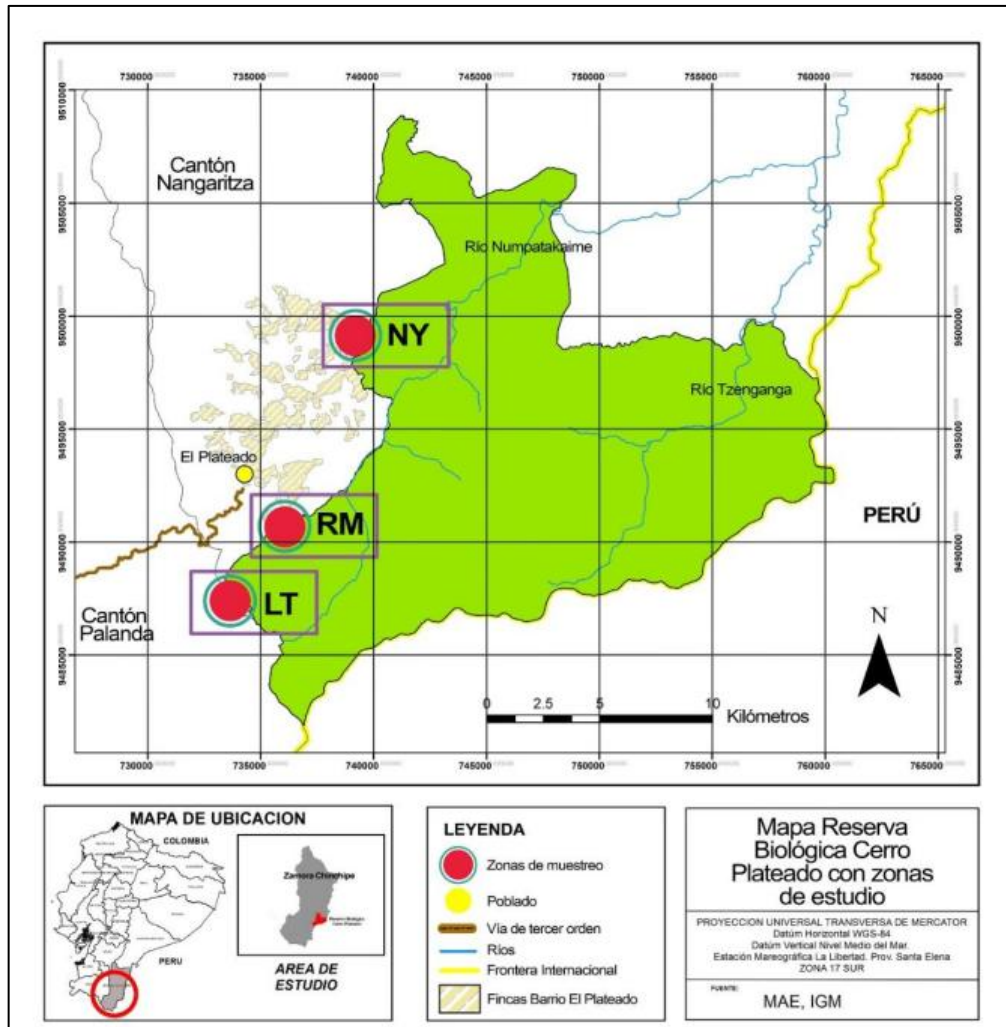
**Fuente y elaboración:** Autor

La Reserva Biológica Cerro Plateado es un área protegida del sureste de Ecuador ( $4^{\circ}34'59.40''S$ ,  $78^{\circ}47'32.17''O$ ) que integra ecosistemas que están oficialmente reconocidos por el Estado ecuatoriano (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016). Tiene una extensión

de 30 760,67 hectáreas que forman parte del sur de la Cordillera del Cóndor (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018). Posee un rango altitudinal que oscilan entre los 1 047 – 2 939 m s.n.m., con precipitaciones que fluctúan entre 1 800 y 2 100 mm anuales (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016). Tiene características geofísicas que la diferencian de otras zonas en términos ecosistémicos y de biodiversidad (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016). Así mismo, la composición florística de esta reserva biológica es singular, ya que se desarrolla sobre formaciones rocosas y mesetas de arenisca, que crean ambientes de elevado endemismo (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013; Neill, 2005).

## **2.2. Recolección de datos.**

Se definieron tres zonas de muestreo dentro de la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento. NY: Nayumbi (4°30'29.59"S, 78°50'30.20"O); RM: Romerillos (4°36'38.18"S, 78°53'6.30"O); LT: Las Tarántulas (4°37'54.45"S, 78°53'40.31"O) (Figura 2). Esta definición se la realizó bajo la visión y experiencia de los guardaparques del área protegida, tomando en cuenta sobre todo la accesibilidad a los sitios, la altitud, la distancia entre zonas y el tipo de bosque o ecosistema que tenía cada uno.



**Figura 2.** Detalle de los sitios de muestreo en la Reserva Biológica Cerro Plateado. NY: Nayumbi; RM: Romerillos; LT: Las Tarántulas.

**Fuente y elaboración:** Autor

Se trabajó 9 días en cada uno de los sitios donde el levantamiento de información se basó en el método de relevamiento por encuentros visuales (REV) (Lips et al., 1999); una de las técnicas más utilizadas en estudios de anfibios terrestres y de hábitos arbóreos, en donde durante caminatas nocturnas a lo largo de quebradas y senderos, se localizan y capturan anfibios. Por otro lado, también se aplicó los denominados transectos de bandas auditivas, que está basados en la detección y grabación de las vocalizaciones de ranas macho a lo largo de un transecto (Angulo et al., 2006; Lips et al., 1999).

En una libreta de campo se registró información ecológica y comportamental de los anfibios observados, entre estas: actividad (cantando, alimentándose, apareamiento), estrato de registro (suelo, debajo de la hojarasca, dentro de bromelias), fecha, coordenadas, fotografías (in situ), serie de campo en caso de ser colectado y código de grabaciones en caso de registros auditivos.

### **2.3. Colecta de especímenes.**

Los especímenes que no pudieron ser identificados en campo, fueron colectados y depositados en el Museo de Zoología de la Universidad Técnica Particular de Loja (MUTPL) bajo el permiso de investigación: MAE-DNB-CM-2015-0016.

Para la posterior revisión taxonómica de los individuos en laboratorio, se tomaron fotografías de las diferentes estructuras morfológicas tales como: cabeza (para observar la forma, presencia de tubérculos, estructura del oído, color de los ojos), vientre (para observar patrón de coloración), dorso (patrones de coloración y estructuras), ingule (patrón de coloración), y extremidades anteriores y posteriores (morfología de dedos, pliegues, membranas, presencia de tubérculos).

Posteriormente, los especímenes fueron sacrificados y preparados siguiendo el protocolo propuesto por Székely et al. (2016): sacrificio con benzocaína al 20% colocada sobre la parte ventral del cuerpo, fijación en formol al 10% y almacenamiento en etanol al 70%. Finalmente se extrajeron muestra de tejido del hígado y muslo para futuros análisis moleculares, las cuales fueron conservadas en etanol al 96%.

### **2.4. Análisis de datos.**

Los datos fueron analizados con el entorno de programación R (RStudio Team, 2015). Para la riqueza de especies de anfibios se elaboró una curva de acumulación de especies mediante el método Coleman de la función *specaccum* del paquete Vegan (Oksanen et al., 2019). Teniendo en cuenta los diversos estimadores de riqueza que existen, se decidió utilizar el algoritmo de Jackknife de primer orden (Gotelli & Colwell, 1986) y el  $S_{max}$  de Michaelis-Menten (Michaelis & Menten, 1913). Ambos estimadores de carácter no paramétrico son útiles ya que se sabe que reducen en cierta manera el sesgo al estimar la riqueza de especies y se basan específicamente en la presencia/ausencia de una especie (Hortal et al., 2006; Magurran, 2004; Smith & Pontius, 2006). Es importante mencionar que el estimador de Michaelis-Menten únicamente se lo utilizó para analizar el conjunto de datos general con los tres sitios de muestreo juntos, esto debido a que el algoritmo trabaja mejor sobre muestras más grandes ( $S > 10$ ) (Keating & Quinn, 1998).

Para analizar la diversidad se utilizaron índices de Shannon-Wiener y Simpson; medidas de diversidad comúnmente utilizadas en análisis ecológicos (Keylock, 2005). La riqueza de especies por cada sitio de muestreo se graficó usando un diagrama de Venn (Lamarre et al., 2016) y las diferencias entre la composición de las especies en las zonas de muestreo se evaluó utilizando un análisis de distinción taxonómica siguiendo el índice de Clarke & Warwick (Clarke & Warwick, 1999).

Los mapas fueron desarrollados utilizando el programa ArcGIS (ESRI, 2019). Para todos los mapas se adicionó información de registros del Museo de Zoología QCAZ de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, y registros del Museo de Historia Natural “Gustavo Orcés V” de la Escuela Politécnica Nacional. Se elaboró un mapa de registros con los puntos de ocurrencias de las especies y mapas con la extensión de ocurrencia para órdenes y familias de anfibios siguiendo la metodología de polígonos convexos mínimos (Bland et al., 2016). Para aproximar la extensión del territorio protegido en la que se ha levantado información sobre anfibios, se elaboró un mapa de cuadrantes con un buffer de 1 km<sup>2</sup> y un mapa de densidades utilizando la función *quadratcount* y *density* del paquete *spatstat* en R (RStudio Team, 2015).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Diversidad y composición de especies

En el presente estudio registramos 46 especies de anfibios para La Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento, de estas 30 se identificaron a nivel de especie, siete están agrupadas con “aff.” (affinis - una especie potencialmente nueva que está estrechamente relacionada la que se ha indicado; Sigovini et al., 2016) y otras nueve como “sp.” (potencial de nuevas especies de las que se desconoce el grupo de relación; Sigovini et al., 2016) (Tabla 1). De todas las especies, 44 (95.6%) pertenecen al orden Anura (8 familias y 16 géneros), una especie (2.2%) a Caudata (una familia y un género), y una especie (2.2%) a Gymnophiona (una familia y un género) (Tabla 1). Conjuntamente, las familias más representadas en este estudio fueron Strabomantidae con 23 especies (50%), Centrolenidae con siete especies (15.2%) e Hylidae con siete especies (15.2%).

**Tabla 1.** Lista de especies de anfibios registradas en la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento, Cordillera del Cóndor, Provincia de Zamora Chinchipe. Los números representan individuos registrados para cada una de las respectivas áreas. Sitios de Muestreo: Nayumbi (NY), Romerillos (RM), Las Tarántulas (LT). Especies incluidas en alguna categoría de la Lista Roja de Anfibios del Ecuador (Ron et al., 2019): LC - Preocupación menor; NT – Casi amenazada; VU - Vulnerable; DD – Datos insuficientes. Especies endémicas denotadas con una X.

Orden	Familia	Especie	NY	RM	LT	Lista Roja Ecuador	Endémica
Anura	Aromobatidae	<i>Allobates fratisenescus</i>	1			DD	X
	Bufonidae	<i>Rhinella festae</i>	11	7		DD	-
		<i>Rhinella margaritifera</i>	21	17		LC	-
		<i>Rhinella marina</i>	1			LC	-
	Centrolenidae	<i>Chimerella mariaelenae</i>	2	5		DD	X

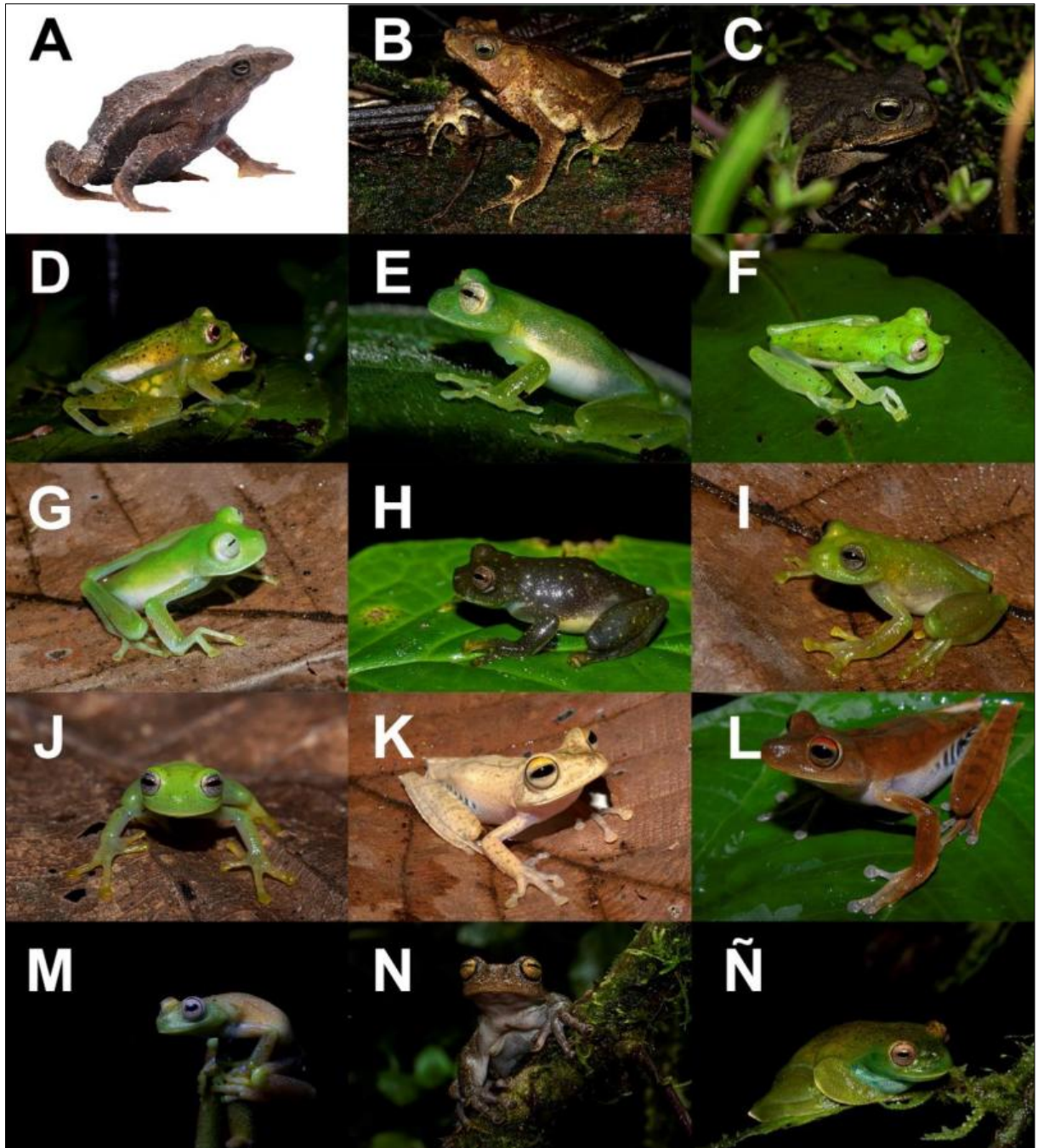
	<i>Espadarana audax</i>	3	1	1	EN	-
	<i>Nymphargus cochranæ</i>		5		LC	X
	<i>Nymphargus aff. wileyi</i>	3	3		-	-
	<i>Rulyrana flavopunctata</i>	1	1		LC	-
	<i>Rulyrana mcdiarmidi</i>	3			NE	-
	<i>Vitreorana sp.</i>			1	-	-
Dendrobatidae	<i>Hyloxalus sp.</i>	1			-	-
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca testudinea</i>			1	NT	-
Hylidae	<i>Boana almendarizae</i>	1			NT	X
	<i>Boana fasciata</i>	3			NT	-
	<i>Hyloscirtus albopunctulatus</i>		1		DD	-
	<i>Hyloscirtus condor</i>			5	DD	X
	<i>Hyloscirtus phyllognathus</i>	4	19		VU	-
	<i>Osteocephalus festae</i>		2		NE	-
	<i>Phyllomedusa ecuatoriana</i>		1		EN	X
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus wagneri</i>	3			LC	-
Strabomantidae	<i>Lynchius simmonsii</i>		2		EN	X
	<i>Pristimantis aff. aquilonaris</i>	6		22	-	-
	<i>Pristimantis bromeliaceus</i>		1		NT	-
	<i>Pristimantis condor</i>	8	5		VU	-
	<i>Pristimantis conspicillatus</i>	1	1	1	LC	-
	<i>Pristimantis aff. diadematus</i>		1		-	-
	<i>Pristimantis galdi</i>		4	3	LC	-
	<i>Pristimantis aff. incomptus</i>	15	1		-	-
	<i>Pristimantis katoptroides</i>	1	1		LC	-
	<i>Pristimantis muranunka</i>			7	NT	X
	<i>Pristimantis aff. muranunka</i>		1	6	-	-

		<i>Pristimantis muscosus</i>	1	2	NE	-
		<i>Pristimantis quaquaversus</i>	3	2	LC	-
		<i>Pristimantis</i> sp.1	1		-	-
		<i>Pristimantis</i> sp.2		1	-	-
		<i>Pristimantis</i> sp.3	1		-	-
		<i>Pristimantis</i> sp.4		9	-	-
		<i>Pristimantis</i> sp.5		2	-	-
		<i>Pristimantis trachyblepharis</i>	11	6	LC	X
		<i>Pristimantis versicolor</i>		7	EN	X
		<i>Pristimantis</i> aff. <i>versicolor</i>		2	-	-
		<i>Pristimantis yantzaza</i>	6	7	EN	X
		<i>Pristimantis</i> aff. <i>yantzaza</i>	3	1	-	-
Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa</i> sp.	9	5	-	-
Gymnophiona	Caeciliidae	<i>Caecilia</i> sp.	2		-	-

**Fuente y elaboración:** Autor

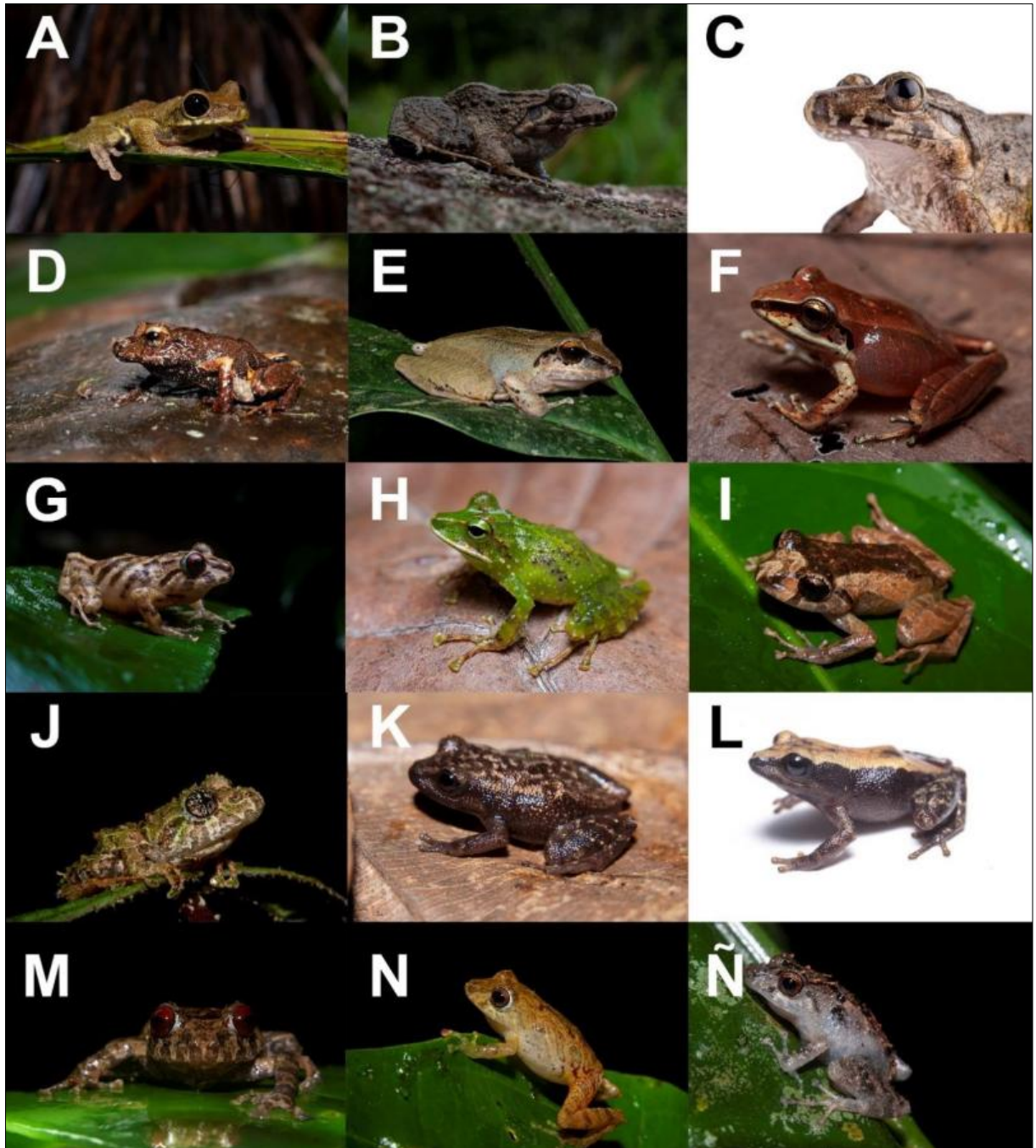
En cuanto al estado de conservación, según la lista roja de los anfibios del Ecuador (Ron et al., 2019), en el presente estudio se reportan siete especies que están dentro de una categoría de amenaza. *Pristimantis condor* (Figura 4E) e *Hyloscirtus phyllognathus* (Figura 3Ñ) figuran como especies vulnerables (VU); y *Espadarana audax* (Figura 3E), *Phyllomedusa ecuatoriana*, *Lynchiu simmonsii*, *Pristimantis versicolor* (Figura 5A) y *Pristimantis yantzaza* (Figura 5C) se catalogan como especies en peligro de extinción (EN). Además, un porcentaje importante (19,6%) de especies no cuentan con la evaluación de su estado de conservación; cinco especies se catalogan como datos insuficientes (DD) y otras cuatro como no evaluadas (NE). En cuanto al nivel de endemismo, encontramos un total de 11 especies (23,9%), de las cuales *Hyloscirtus condor* (Figura 3N), *Pristimantis muranunka* (Figura 5K) y *Pristimantis yantzaza* son especies representativas del área de estudio.





**Figura 3.** Anfibios de la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento. A) *Rhinella festae*; B) *Rhinella margaritifera*; C) *Rhinella marina*; D) *Chimerella mariaelenae*; E) *Espadarana audax*; F) *Nymphargus cochraeae*; G) *Nymphargus* aff. *wileyi*; H) *Rulyrana flavopunctata*; I) *Rulyrana mcdiarmidi*; J) *Vitreorana* sp.; K) *Boana almendarizae*; L) *Boana fasciata*; M) *Hyloscirtus albopunctulatus*; N) *Hyloscirtus condor*; O) *Hyloscirtus phyllognathus*.

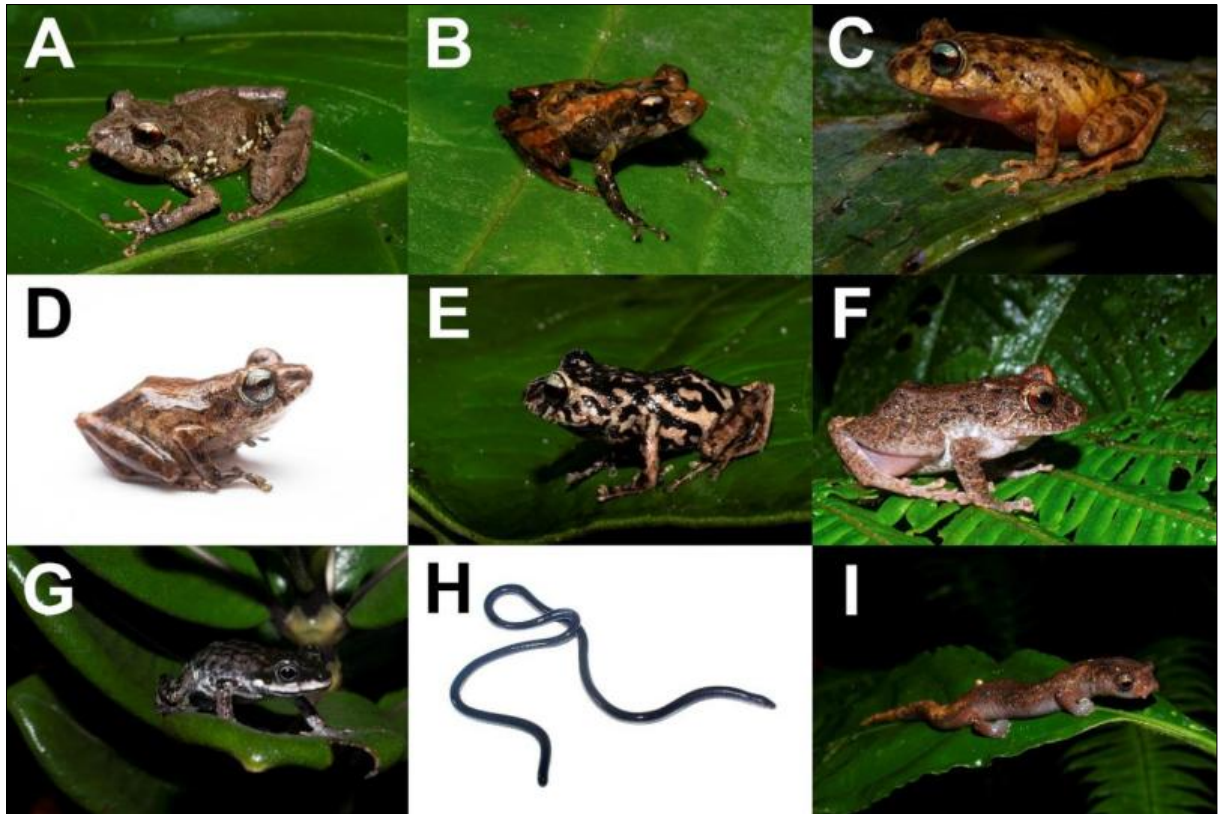
**Fuente y elaboración:** Autor



**Figura 4.** Anfibios de la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento. A) *Osteocephalus festae*; B & C) *Leptodactylus wagneri*; D) *Pristimantis trachyblepharis*; E) *Pristimantis condor*, F) *Pristimantis conspicillatus*; G) *Pristimantis* aff. *diadematus*; H) *Pristimantis galdi*; I) *Pristimantis* aff. *incomptus*; J) *Pristimantis katoptroides*; K) *Pristimantis muranunka*; L) *Pristimantis* aff. *muranunka*; M) *Pristimantis muscosus*; N) *Pristimantis quaquaversus*; Ñ) *Pristimantis aquilonaris*.

Fuente y elaboración: Autor

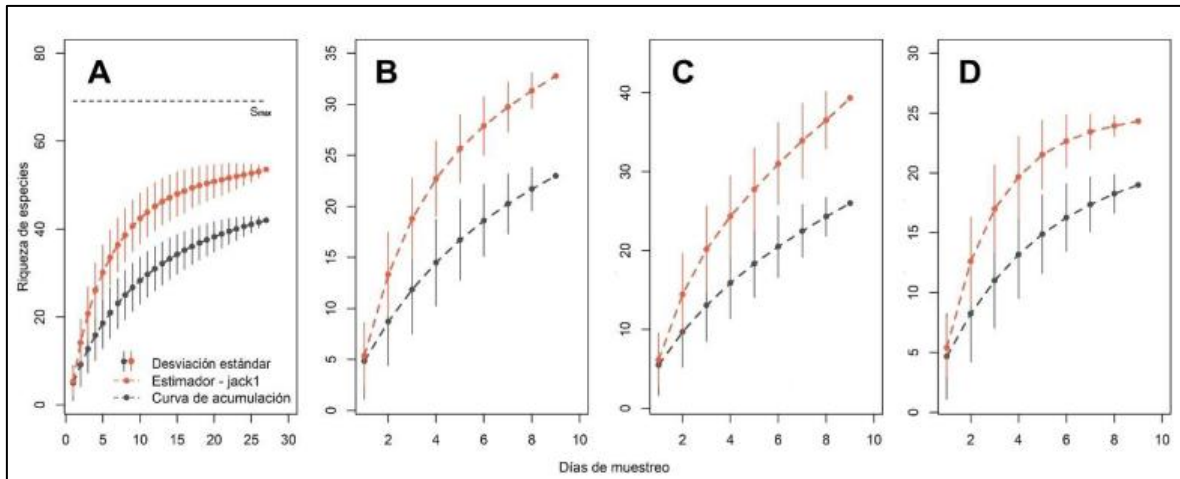




**Figura 5.** Anfibios de la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento. A) *Pristimantis versicolor*; B) *Pristimantis* aff. *versicolor*; C) *Pristimantis yantzaza*; D) *Pristimantis* aff. *yantzaza*; E) *Pristimantis* sp.2; F) *Pristimantis* sp.3; G) *Pristimantis* sp.4; H) *Caecilia* sp.; I) *Bolitoglossa* sp.

**Fuente y elaboración:** Autor

Al realizar las curvas de acumulación para cada una de las zonas de muestreo (Figura 6) se puede observar que el sitio Las Tarántulas (LT) presentó la disminución más notable en la pendiente, esto debido a la baja riqueza que presenta (Figura 6D). El estimador de riqueza de Jackknife1 para cada una de las zonas de muestreo nos indican que se ha logrado registrar más del 60% de las especies probables para cada sitio (NY=71%; RM=66%; LT=79%). Por otro lado, la curva de acumulación para el estudio global (Figura 5A), de la misma manera, muestra que no se alcanzó una asíntota completa y los estimadores de Jackknife1 y Michaelis-Menten establecen que se ha registrado el 59% y 45% de las especies probables respectivamente.



**Figura 6.** Curvas de acumulación de especies de anfibios de la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento en función del esfuerzo de muestreo (días). A. Análisis para el conjunto de datos completo con estimador de Jak1 y  $S_{max}$  Michaelis-Menten; B. Zona Nayumbi (NY); C. Zona Romerillos (RM); D. Zona Las Tarántulas (LT). Estos tres últimos únicamente con estimador Jackknife1.

**Fuente y elaboración:** Autor

No se observaron mayores variaciones en los índices de diversidad Simpson para cada uno de los sitios de muestreo. Sin embargo, el índice de Shannon-Wiener mostró que el sitio de Romerillos (RM) tenía una mayor diversidad (Tabla 2) al tener una riqueza de 26 especies. Por otro lado, diversidad más baja se observó en el sitio de Las Tarántulas con una riqueza de 19 especies donde la especie más abundante fue *Pristimantis aff. aquilonaris* (Figura 4Ñ) que se lo registró en 22 ocasiones. Al observar los valores de los índices para la totalidad de los sitios, se puede interpretar como un sitio diverso ya que el índice de Simpson tiene valores muy cercanos a uno y el índice de Shannon muestra valores por encima de tres (Keylock, 2005; Stevens, 2009).

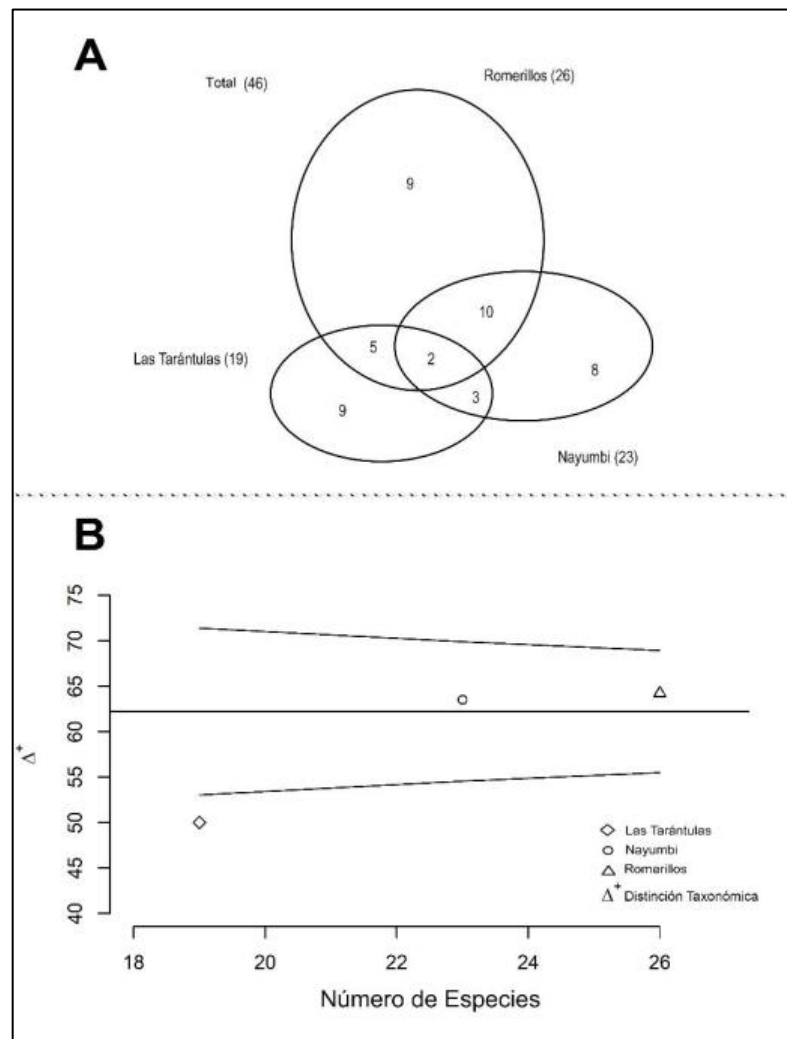
**Tabla 2.** Riqueza (R), abundancia y diversidad entre los sitios de muestreo.

	Nayumbi	Romerillos	Las Tarántulas	Conjunto completo de datos
Número de especies (R)	23	26	19	46
Abundancia	107	100	90	297
<i>Shannon-Wiener (H)</i>	2,66	2,72	2,55	3,25
<i>Simpson's S<sub>D</sub></i>	0,90	0,90	0,89	0,94

**Fuente y elaboración:** Autor

En cuanto a la composición de la comunidad fue más similar entre los sitios de Nayumbi en relación con Romerillos ya que compartieron 10 especies (Figura 7A). En cambio, el sitio que más difería fue Las Tarántulas que solo compartía cinco y tres especies respectivamente.

Conjuntamente, dos especies estuvieron presentes en los tres sitios de muestreo, *Espadarana audax* (Figura 3E) y *Pristimantis conspicillatus* (Figura 4F). Mediante el análisis de distinción taxonómica se pudo corroborar que existen diferencias significativas ( $p < 0.008$ ) para el sitio de Las Tarántulas, localizándose fuera de la distribución esperada de  $\Delta^+$  (Figura 6B). En cambio, los sitios de muestreo de Nayumbi y Romerillos se localizaron dentro de la distribución esperada con valores de  $\Delta^+$  muy cerca de la media, lo cual nos indica similitud entre estos sitios.



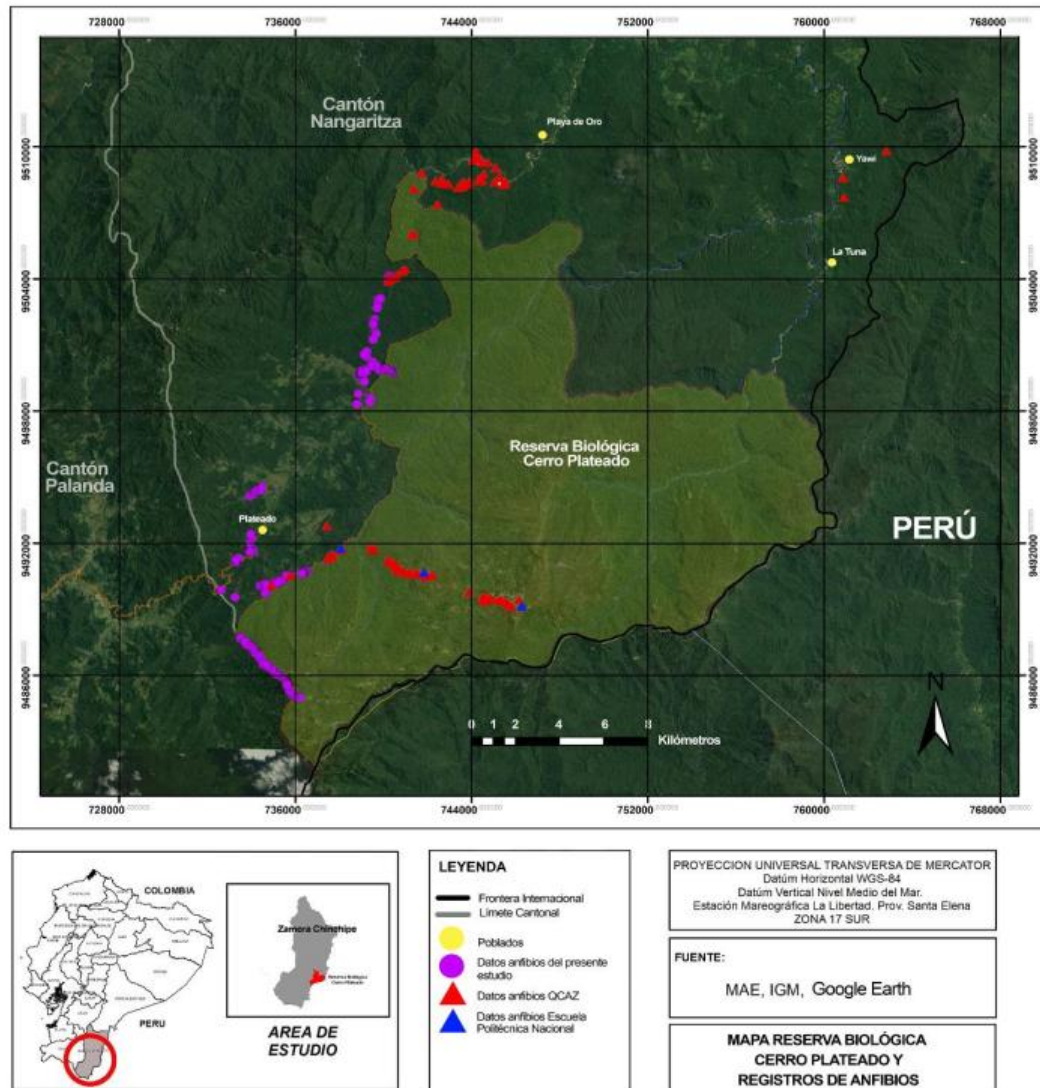
**Figura 7.** Riqueza y similitud de las comunidades de anfibios de las tres localidades muestreadas en la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento. A. Diagrama de Ven. B. Análisis de distinción taxonómica.

**Fuente y elaboración:** Autor

### 3.2. Mapas de registros y análisis espaciales

Tras integrar los datos de este estudio al listado de especies de la Reserva Biológica Cerro Plateado (estudios anteriores), la información conocida aumento un 33%, juntando un total de

716 registros que corresponde a 89 especies (Figura 8). Gran parte de los datos que se pueden observar dentro del territorio del área protegida pertenecen a datos del museo de zoología QCAZ tomados en las expediciones del proyecto Arca de Noe en años anteriores (QCAZ). Sin embargo, nuestros datos representan muestras importantes de localidades previamente no investigadas.



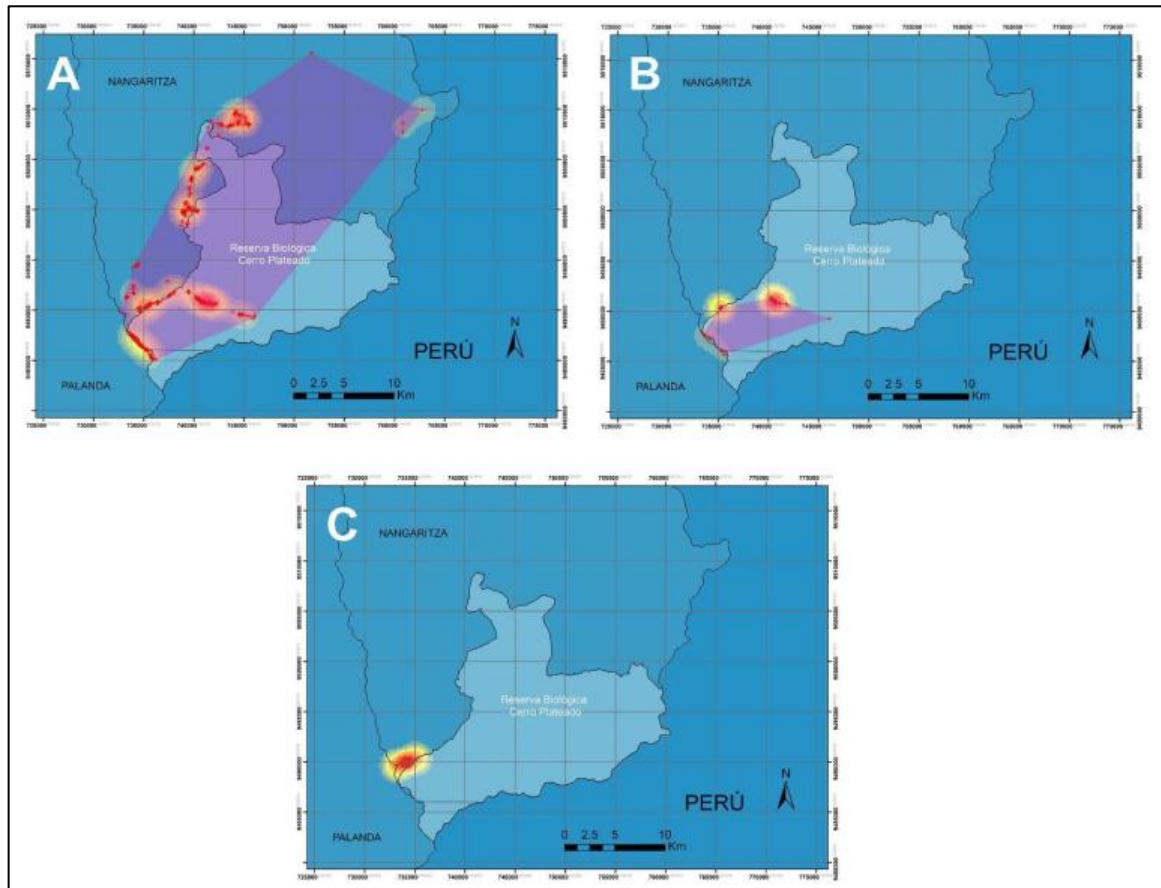
**Figura 8.** Mapa con conjunto de datos levantados de anfibios dentro de la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de amortiguamiento. Datos pertenecientes al Museo de Zoología QCAZ; Escuela Politécnica Nacional; y MUTPL (datos presente estudio).

**Fuente y elaboración:** Autor

La distribución espacial de los órdenes de los anfibios muestra que el orden de los anuros se los ha registrado por todo el territorio que se ha explorado en el área protegida y su zona de influencia, la cual ocupa un área de 449,91 km<sup>2</sup> de su extensión de ocurrencia (Figura 9A). El orden Caudata en cambio se los ha registrado en zonas un poco más restringidas con la



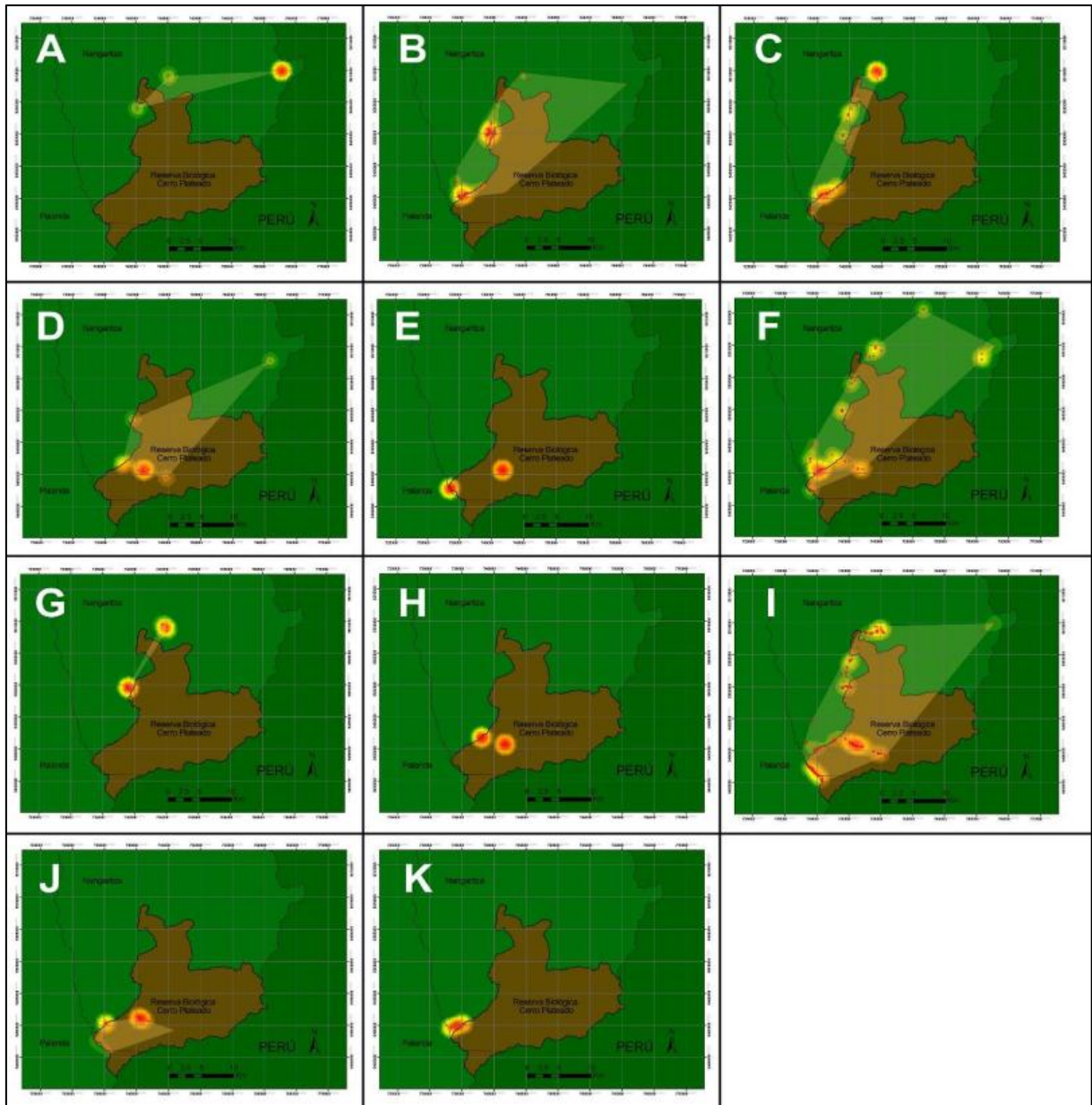
extensión de ocurrencia de 37,62 km<sup>2</sup> de área que solamente cae dentro del territorio protegido (Figura 9B). Y finalmente, el orden Gymnophiona es el que representa una distribución más restringida de todos los grupos, al haber encontrado únicamente dos especímenes al suroeste junto a los límites de la reserva, el análisis de la extensión de ocurrencia para este grupo no fue posible (Figura 9C).



**Figura 9.** Mapas de presencia y extensión de ocurrencia por órdenes. A) Anura; B) Caudata; C) Gymnophiona.

**Fuente y elaboración:** Autor

Al realizar los mapas de registros de los anfibios por familias, podemos observar que la Familia Bufonidae (256,97 km<sup>2</sup>), Hylidae (354 km<sup>2</sup>) y Strabomantidae (382,63 km<sup>2</sup>), son las familias que dominaron en este estudio y que tienen la extensión de ocurrencia más amplia (Figura 10). Siendo así, los grupos de especies encontradas por todo el territorio explorado de la reserva y su zona de influencia. Se puede constatar que por el contrario las familias con una extensión más restringida fueron Hemiphractidae, Microhylidae y Caeciliidae, y dado a sus bajos registros el análisis de su extensión de ocurrencia no fue posible. También es importante mencionar que, con la incorporación de los registros externos, se pudo comprobar que una familia en nuestro inventario no la registramos que corresponde a Microhylidae (Figura 10H).

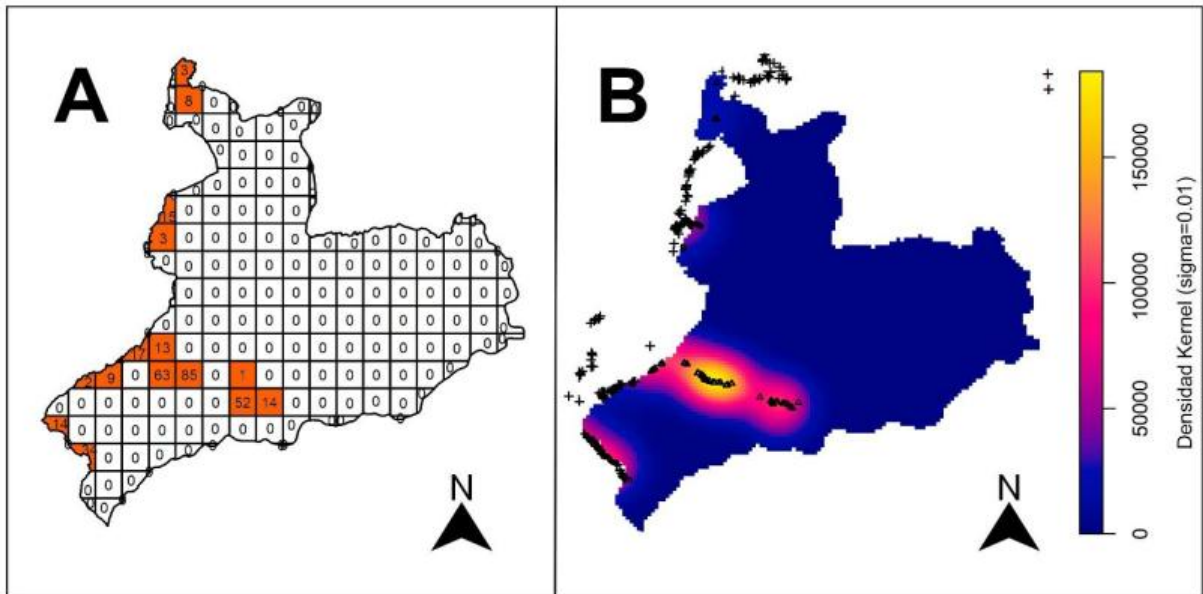


**Figura 10.** Mapas de presencia y extensión de ocurrencia por familias. A) Aromobatidae; B) Bufonidae; C) Centrolenidae; D) Dendrobatidae; E) Hemiphractidae; F) Hylidae; G) Leptodactylidae; H) Microhylidae; I) Strabomantidae; J) Plethodontidae; K) Caeciliidae.

**Fuente elaboración:** Autor

Con el análisis espacial de puntos en un buffer de  $1\text{km}^2$  se puede observar que la superficie de la Reserva Biológica Cerro Plateado en la cual se ha levantado información (cuadros naranjas) corresponde a un 4.9% de la superficie total (Figura 11A). Esto ejemplifica la gran extensión de territorio que aun hace falta por explorar. Conjuntamente, se puede observar que la mayor densidad de puntos se encuentra en la parte central (Figura 11B), que corresponden a ecosistemas de bosques siempreverde montanos sobre mesetas de arenisca de la Cordillera del Cóndor.





**Figura 11.** Análisis espaciales. A. Polígono del área protegida dividida en cuadrículas de 1 km<sup>2</sup>, color naranja representa lugares donde se ha colectado información de anfibios. B. Mapa de densidades de los puntos de ocurrencia de la información levantada dentro del área protegida.

**Fuente elaboración:** Autor

#### 4. DISCUSIÓN

La riqueza de especies encontrada en este estudio corresponde al 76% de las especies que se han registrado dentro del área protegida y su zona de influencia, y al 25% de la totalidad de las especies registradas para la Cordillera del Cóndor (datos del museo de zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador) (Ron et al., 2019). Esta riqueza de los anfibios para estos ecosistemas amazónicos es muy incierta, debido a que existen una gran cantidad de endemismos y sumado con los problemas que se tiene para corroborar la autenticidad de las especies (en su mayoría del género *Pristimantis*), es muy probable que estos números aumenten considerablemente conforme se desarrollen nuevos muestreos (Funk et al., 2012; Vaz-Silva et al., 2015).

Los resultados obtenidos de las curvas de acumulación y los estimadores Jack-knife1 y  $S_{max}$  de Michaelis-Menten sugieren que la composición de las especies en los lugares muestreados aún no alcanza la asíntota (Figura 6), y que estudios a más largo plazo pueden revelar la presencia de especies adicionales en las áreas trabajadas. Esto se puede contrastar con los resultados de otros estudios donde no se alcanzó la asíntota en la curva de especies, mostrando la complejidad de registrar la riqueza completa de especies en este tipo de ecosistemas neotropicales (Torres et al., 2013; Costa-Campos & Freire, 2019; Silva & Costa-Campos, 2018). El hallazgo de una gran cantidad de especies de las familias Centrolenidae, Hylidae y Strabomantidae fue similar a los resultados de otros estudios en la Cordillera del

Cóndor (Almendáriz et al., 2014; Schulenberg et al., 1997). Igualmente, la presencia de un gran número de especies desconocidas (sp. no identificadas) mayormente del género *Pristimantis* también es parecido a los resultados encontrados en estudios de otras expediciones en diferentes puntos de la Amazonía (Almendáriz et al., 2014, 2011; Duellman & Lynch, 1988).

En términos de diversidad beta y con los resultados del análisis de distinción taxonómica, la mayor similitud en la composición de la comunidad entre los sitios de Romerillos y Nayumbi en comparación con el sitio de Las Tarántulas, sugiere que el sitio de Las Tarántulas podría estar compuesto por especies con distribuciones altitudinales restringidas (Medina et al., 2019). La disimilitud asociada a este sitio (Figura 7) estuvo potencialmente influenciada por la observación de especies con rangos altitudinales restringidos, tales como *Hyloscirtus condor*, *Pristimantis versicolor* y *Pristimantis muranunka* que tienen estrechas relaciones biogeográficas con especies de altura de los Andes (Almendáriz et al., 2013; Brito & Almendáriz, 2018; Ron et al., 2019). Al mismo tiempo, es importante mencionar que, aunque el sitio Las Tarántulas presentara la riqueza y diversidad más bajas, fue el sitio con la mayor cantidad de especies desconocidas lo cual también está influenciando a la diferenciación de este sitio (Escoriza & Ruhí, 2014).

En este estudio registramos especies que no se habían registrado en las expediciones anteriores, por ejemplo: *Chimerella mariaelenae*, *Nymphargus cochraeae*, *Boana almendarizae* y *Pristimantis muscosus* que tienen hábitats cercanos (~50 km. de distancia) y asociados a la zona donde se desarrolló este estudio (Ron et al., 2019). También se registró *Hyloscirtus albopunctulatus* que por el contrario tiene una distribución hacia la amazonía norte, existiendo aproximadamente 280 kilómetros de distancia desde el registro más cercano (QCAZA46447, localidad Cuchaentza, provincia Morona Santiago) (Ron & Read, 2018). Este registro puede ser de mucha importancia ya que aumentaría en gran medida el rango de distribución para el Ecuador de esta especie, sin embargo, el estado taxonómico de la misma es incierto ya que no ha sido incluida en análisis filogenéticos (Duellman & Mendelson, 1995; Faivovich et al., 2006; Ron et al., 2019). La mayoría de las especies del género *Hyloscirtus* al tener distribuciones limitadas y estar restringidas a microhábitats concretos muestran una alta naturaleza críptica (Coloma et al., 2012; Correa, 2016). Específicamente dentro del grupo *Hyloscirtus bogotensis*, algunas especies como *Hyloscirtus phyllognathus* que tienen una distribución relativamente grande, han podido ser contrastadas a nivel molecular y se ha podido diferenciar las poblaciones de la amazonía sur y norte del Ecuador (Guayasamin et al., 2015). Esto podría significar que *Hyloscirtus albopunctulatus* que se registró, sea posiblemente una especie nueva.

El registro de la especie *Hyloscirtus condor* en el área estudiada también es de gran importancia, debido a que es una especie emblemática de la Cordillera del Condor y cuyo estado de conservación aún se desconoce (Almendáriz et al., 2013). Anteriormente se la había encontrado únicamente hacia la parte central de la Reserva Biológica Cerro Plateado (Almendáriz, 2018; Almendáriz et al., 2013), pero en este estudio se constató la presencia de una población al sur del área protegida. Es importante mencionar que de las 19 especies del género *Hyloscirtus* registradas para el Ecuador, 13 se encuentran bajo una categoría de amenaza y las seis restantes constan como datos insuficientes, principalmente debido a sus hábitats de difícil acceso, bajo tamaño poblacional y ecología poco conocida (Coloma et al., 2015; IUCN, 2019; Ron et al., 2019). La especie *Hyloscirtus hillisi* (mismo grupo de la especie *H. condor*) que fue descrita en el año 2018 hacia el norte de la Cordillera del Cóndor fue evaluada como una especie en peligro crítico (IUCN, 2019), debido a su pequeña distribución conocida y a las presiones que tiene su hábitat, principalmente por las actividades mineras cercanas (Ron et al., 2018). De esta manera, se puede estimar que *H. condor* al tener también una distribución muy restringida (conociéndose únicamente en este punto de la amazonía) y teniendo en cuenta que la abundancia de la especie es nuestro estudio no fue alta, podría considerarse en estado de amenaza crítico (criterios B1a, b iii) (IUCN, 2012).

La amplia distribución espacial de los anuros por todo el territorio explorado era de esperarse debido a que es uno de los taxones de vertebrados que más ecosistemas han colonizado y específicamente por el Neotrópico se los encuentra casi por todos lados (Duellman, 1986). Por el contrario, el Orden Caudata y Gymnophiona estuvieron mucho más restringidos a áreas más específicas y presentaron números en abundancia y riqueza muy bajas en comparación con los Anuros. La baja abundancia y riqueza de estos dos taxones también se asemeja a los resultados obtenidos en las evaluaciones ecológicas en otros puntos de la Cordillera del Cóndor (Almendáriz, 1997; Duellman & Lynch, 1988). Asimismo, el registro de dos individuos del género *Caecilia* (Gymnophiona) fue de gran relevancia también para este estudio ya que representan un grupo de anfibios raros de observar debido a los hábitos fosoriales o acuáticos que presentan (Oommen & Measey, 2000). Además, dado que la sistemática del género *Caecilia* es uno de los principales desafíos a resolver en la región neotropical (Oliveira & Hoogmoed, 2018) es muy probable que nuestra especie sea nueva para el sur del Ecuador.

Hay que recalcar que la metodología que utilizamos en este estudio no fue específica para buscar especies de Gymnophiona (Measey, 2006; Oommen & Measey, 2000). No obstante, hemos encontrado una cantidad que se la podría considerar significativa (2 individuos en 27 días de muestreo) dado el poco tiempo que muestreamos en este estudio. Para poner en contexto esto, en un estudio de (Doherty-Bone et al., 2011) utilizando metodologías con trampas de caída y técnicas de excavación registraron solamente tres individuos en 1080 días

de trabajo. También es importante mencionar que algunas especies de Gymnophiona son mucho más abundantes que otras; por ejemplo, en la amazonía brasileña se han recolectado cantidades relativamente grandes de especie como *Caecilia gracilis*, *Typhlonectes compressicauda*, y *Potomotyphlus kaupii* (Borges-Nojosa et al., 2017; Maciel et al., 2012; Maciel & Hoogmoed, 2011; Oliveira et al., 2012). Los Gymnophiona siguen siendo quizás a día de hoy el taxón de vertebrados del que menos se conoce sobre su biología, ecología e historia natural, así como también del estado de sus poblaciones y las amenazas que tienen (Flach et al., 2020; Gomes et al., 2012; Wilkinson, 2012). Stuart et al. (2008) reportaron 90 especies de Gymnophiona para el Neotrópico de las cuales 33 estaban consideradas como preocupación menor (LC) y 57 como datos deficientes (DD). Desde entonces, estos datos no han cambiado mucho y la categoría DD sigue siendo muy grande (IUCN, 2019); para tener una idea de esto, de las 24 especies de Gymnophiona registradas para el Ecuador, únicamente tres se encuentran dentro de una categoría de amenaza y el resto se consideran como DD (Coloma et al., 2015; Ron et al., 2019).

## 5. CONCLUSIONES

La Reserva Biológica Cerro Plateado es un punto caliente para la conservación de los anfibios al ubicarse una zona de conectividad importante entre los andes y la amazonía. Tras la integración de nuestros datos con el de estudios anteriores, el listado total de especies de anfibios para la zona comprendida por la Reserva Biológica Cerro Plateado y su zona de influencia ha incrementado un 33% (de 69 a 89) con un total de 89 especies distribuidas en 11 familias. De manera general la diversidad de anfibios para la zona de estudio fue alta (índice de Shannon-Weiner  $> 3$  y Simpson  $\approx 1$ ) lo que indica que la comunidad de anfibios determinada en este inventario podría ser una muestra representativa de los tres sitios de estudio. El estudio estuvo dominado por las familias de Bufonidae, Hylidae y Strabomantidae siendo grupos de especies registrados por todas las áreas exploradas. Así mismo el orden de las ranas y sapos (Anura) ejemplifica la dominancia total sobre estos ecosistemas. Para los órdenes Gymnophiona y Caudata es probable que se registren más individuos centrando esfuerzos con métodos de muestreo específicos para estos grupos.

Desde el contexto de las especies amenazadas, el 15.2% de las especies registradas en nuestro estudio se encuentran bajo una categoría de amenaza. Sin embargo, hay una gran cantidad de especies que carecen de una evaluación, albergando especies de anfibios como *Hyloscirtus condor* que debería considerarse una especie amenazada. También, se ha proporcionado nuevos datos sobre la posible ampliación del rango de distribución de algunas especies como *Hyloscirtus albopunctulatus*.

Recalamos el elevado potencial de especies nuevas que podrían salir de este inventario a pesar de que gran parte del territorio de la reserva aún no ha sido explorado. Nuestro ejercicio de mapeo puede permitir tomar decisiones para futuras expediciones a lugares donde hace falta rellenar información, así como también la priorización de los esfuerzos de conservación y la identificación de áreas de conservación para los anfibios que no están dentro del Sistema Nacional Protegido.

## 6. RECOMENDACIONES

Las especies hasta ahora registradas en este estudio, son un acercamiento al conocimiento de los anfibios locales, y en particular, de los anfibios de la Cordillera del Cóndor. Sin embargo, es recomendable que este conocimiento sea acompañado por otros estudios de estructura, dinámica de poblaciones y de ecología de comunidades para poder entender claramente la importancia que tienen los anfibios en esta zona. Se recomienda también que en base a nuestra información, la Reserva Biológica Cerro Plateado sea considerada un hotspot para la conservación de los anfibios teniendo en cuenta los niveles de endemismos y el potencial de nuevas especies que mantiene.

Dado a que una porción considerable del área de influencia de esta reserva está fragmentada y teniendo en cuenta que esta fragmentación podría ir aumentando durante los siguientes años por las actividades ganaderas y madereras principalmente. Es recomendable centrar esfuerzos de conservación prioritarios que sean destinados a la búsqueda de alternativas sostenibles que garanticen la preservación de los remantes de bosque que aún persisten en estas áreas y sobre todo esfuerzos que estén destinados a aumentar el área protegida.

Finalmente es recomendable que el Ministerio del Ambiente y Agua utilicen este documento como una herramienta para labores de educación y divulgación de la anfibiafauna de la Reserva Biológica Cerro Plateado. Así también como una herramienta que sirva de guía para el personal del área protegida durante sus labores de monitoreo, control y vigilancia en el área protegida y su zona de influencia.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alford, R. A., Bradfield, K. S., & Richards, S. J. (2007). Global warming and amphibian losses. *Nature*, 447(7144), E3–E4. <https://doi.org/10.1038/nature05940>
- Almendáriz, A. (1997). Amphibian and Reptile Species Recorded in the Northern and Western Cordillera del Cóndor. En *The Cordillera del Cóndor region of Ecuador and Peru: A biological assessment* (pp. 199–201). RAP Working Papers.
- Almendáriz, A. (2018). *Hyloscirtus condor*. Ron, S. R., Merino-Viteri, A. Ortiz, D. A. (Eds.). Anfibios Del Ecuador. Version 2019.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. <https://bit.ly/2YqImMv>

- Almendáriz, A., Brito, J., Batallas, D., & Ron, S. (2013). Una Especie Nueva de Rana Arbórea del Género *Hyloscirtys* (AMPHIBIA: Anura: Hylidae) de la Cordillera del Cóndor. *Papéis Avulsos de Zoología*, 53, 1–19.
- Almendáriz, A., Brito, J., & Vaca-Guerrero, J. (2011). *Herpetofauna del Alto Machinaza , Cordillera del Cóndor, Ecuador*. 1, 2.
- Almendáriz, A., Simmons, J. E., Brito, J., & Vaca-Guerrero, J. (2014). Overview of the herpetofauna of the unexplored Cordillera del Cóndor of Ecuador. *Amphibian & Reptile Conservation*, 8(1), 45–64.
- Almendáriz C., A., Brito M., J., Batallas, D., Vaca-Guerrero, J., & Ron, S. R. (2017). Una especie nueva de rana del género *Chiasmocleis* (Microhylidae: Gastrophryninae) de la Cordillera del Cóndor, Ecuador. *Papeis Avulsos de Zoologia*, 57(10), 119–136. <https://doi.org/10.11606/0031-1049.2017.57.10>
- Angulo, A., Rueda, J. V., Rodríguez, J. V., & la Marca, E. (Eds.). (2006). *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Blanco Torres, A., Báez S., L., Patiño-Flores, E., & Renjifo, J. M. (2013). Herpetofauna del valle medio del río Ranchería, La Guajira, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 3(2), 113. <https://doi.org/10.18636/bioneotropical.v3i2.150>
- Bland, L. M., Keith, D. A., Miller, R. M., Murray, N. J., & Rodríguez, J. P. (Eds.). (2016). *Directrices para la aplicación de las categorías y criterios de la Lista Roja de Ecosistemas de UICN, Versión 1.0*. UICN. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2016.rle.1.es>
- Borges-Nojosa, D. M., de Castro, D. P., Lima, D. C., Bezerra, C. H., Maciel, A. O., & Harris, D. J. (2017). Expanding the known range of caecilia tentaculata (Amphibia: Gymnophiona) to relict mountain forests in Northeastern Brazil: Linking atlantic forests to the amazon? *Salamandra*, 53(3), 429–434.
- Brito, J., & Almendáriz, A. (2018). Una especie nueva de rana *Pristimantis* (Amphibia: Strabomantidae) de ojos rojos de la Cordillera de Cóndor, Ecuador. *Cuadernos de Herpetología*, 32(1). [https://doi.org/10.31017/cdh.2018.\(2017-08\)](https://doi.org/10.31017/cdh.2018.(2017-08))
- Brito, J., Almendáriz, A., Batallas, D., & Ron, S. (2017). Nueva especie de rana bromelícola del género *Pristimantis* (Amphibia: Craugastoridae), Meseta de la Cordillera del Cóndor, Ecuador. *Papéis Avulsos de Zoología*, 57(15), 177–195. <https://doi.org/10.1590/S0031-10492003000600001>
- Chicaiza, G. (2010). *El Enclave Minero De La Cordillera Del Cóndor*. Program CEECEC. Acción Ecológica, Ecuador. <http://www.ceecec.net/case-studies/mining-conflict-in-cordillera-del-condor/>
- Chris Funk, W., Caminer, M., & Ron, S. R. (2012). High levels of cryptic species diversity uncovered in Amazonian frogs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1734), 1806–1814. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1653>
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (1999). The taxonomic distinctness measure of biodiversity: Weighting of step lengths between hierarchical levels. *Marine Ecology Progress Series*, 184, 21–29. <https://doi.org/10.3354/meps184021>
- Coloma, L. A., Carvajal-Endara, S., Dueñas, J. F., Paredes-Recalde, A., Morales-Mite, M., Almeida-Reinoso, D., Tapia, E. E., Hutter, C. R., Toral, E., & Guayasamin, J. M. (2012).

- Molecular phylogenetics of stream treefrogs of the *Hyloscirtus* *larinopygion* group (Anura: Hylidae), and description of two new species from Ecuador. In *Zootaxa* (Vol. 78, Issue 3364). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3364.1.1>
- Coloma, L. A., Guayasamin, J. M., & Menéndez-Guerrero, P. (Eds.). (2015). *Lista Roja de Anfibios de Ecuador*. AnfibiosWebEcuador. <https://bit.ly/2B4XWDI>
- Correa, M. R. (2016). Evolução das rãs andinas de rio *Hyloscirtus* (ANURA: Hylidae): Relações filogenéticas, revisão taxonômica e delimitação de espécies. Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul. *Programa de Pós-Graduação em Zoologia*.
- Costa-Campos, C. E., & Freire, E. M. X. (2019). Richness and composition of anuran assemblages from an Amazonian savanna. *ZooKeys*, 2019(843), 149–169. <https://doi.org/10.3897/zookeys.843.33365>
- Doherty-Bone, T. M., Ndifon, R. K., San Mauro, D., Wilkinson, M., LeGrand, G. N., & Gower, D. J. (2011). Systematics and ecology of the caecilian *Crotaphatrema lamottei* (Nussbaum) (Amphibia: Gymnophiona: Scolecomorphidae). *Journal of Natural History*, 45(13–14), 827–841. <https://doi.org/10.1080/00222933.2010.535921>
- Duellman, William. (1986). *Patterns of Distribution of Amphibians: A Global Perspective*. Johns Hopkins University Press.
- Duellman, William, & Lynch, J. (1988). Anuran amphibians from the Cordillera de Cutucú, Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 140(2), 125–142. <https://www.jstor.org/stable/4064938>
- Duellman, William, & Mendelson, J. R. (1995). Amphibians and reptiles from northern departamento Loreto, Peru: Taxonomy and biogeography. *The University of Kansas Science Bulletin*, 55(10), 329–376. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.779>
- Escoriza, D., & Ruhí, A. (2014). Macroecological patterns of amphibian assemblages in the Western Palearctic: Implications for conservation. *Biological Conservation*, 176, 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.05.030>
- ESRI. (2019). *ArcGIS Desktop. Geographic Information System Software* (10.5). <https://www.esri.com/>
- Faivovich, J., Moravec, J., Cisneros-Heredia, D. F., & Köhler, J. (2006). A New Species of the *Hypsiboas* *Benitezi* Group from the Western Amazon Basin (Amphibia: Anura: Hylidae). *Herpetologica*, 62(1), 96–108. <https://doi.org/10.1655/05-12.1>
- Flach, E. J., Feltrer, Y., Gower, D. J., Jayson, S., Michaels, C. J., Pocknell, A., Rivers, S., Perkins, M., Rendle, M. E., Stidworthy, M. F., Tapley, B., Wilkinson, M., & Masters, N. (2020). Postmortem Findings in Eight Species of Captive Caecilian (Amphibia: Gymnophiona) Over a Ten-Year Period. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 50(4), 879. <https://doi.org/10.1638/2019-0047>
- GAD Parroquial La Canela. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia La Canela. In *Secretaría Técnica Planifica Ecuador*.
- GAD Parroquial Nuevo Paraíso. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Nuevo Paraíso. In *Secretaría Técnica Planifica Ecuador*.

- Gomes, A. D., Moreira, R. G., Navas, C. A., Antoniazzi, M. M., & Jared, C. (2012). Review of the Reproductive Biology of Caecilians (Amphibia, Gymnophiona). *South American Journal of Herpetology*, 7(3), 191–202. <https://doi.org/10.2994/057.007.0301>
- Gotelli, N., & Colwell, R. (1986). Estimating species richness. In *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment* (Issue 2, pp. 39–54). Oxford University Press.
- Guayasamin, J. M., Rivera-Correa, M., Arteaga, A., Culebras, J., Bustamante, L., Pyron, R. A., Peñafiel, N., Morochz, C., & Hutter, C. R. (2015). Molecular phylogeny of stream treefrogs (Hylidae: Hyloscirtus bogotensis Group), with a new species from the Andes of Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 1(1), 2–21. <https://doi.org/10.1080/23766808.2015.1074407>
- Hortal, J., Borges, P. A. V., & Gaspar, C. (2006). Evaluating the performance of species richness estimators: Sensitivity to sample grain size. *Journal of Animal Ecology*, 75(1), 274–287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01048.x>
- IUCN. (2012). *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. (2nd ed.). IUCN, Gland, Switzerland. [www.iucn.org/publications](http://www.iucn.org/publications)
- IUCN. (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org/>
- Keating, K. A., & Quinn, J. F. (1998). Estimating Species Richness: The Michaelis-Menten Model Revisited. *Oikos*, 81(2), 411–416. <https://doi.org/10.2307/3547060>
- Keylock, C. (2005). Simpson diversity and the Shannon Wiener index as special cases of a generalized entropy. *Oikos*, 109(1), 203–207. <https://doi.org/doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13735.x>
- Lamarre, G. P. A., Amoretti, D. S., Baraloto, C., Bénéluz, F., Mesones, I., & Fine, P. V. A. (2016). Phylogenetic Overdispersion in Lepidoptera Communities of Amazonian Whitesand Forests. *Biotropica*, 48(1), 101–109. <https://doi.org/10.1111/btp.12294>
- Lessmann, J., Muñoz, J., & Bonaccorso, E. (2014). Maximizing species conservation in continental Ecuador: A case of systematic conservation planning for biodiverse regions. *Ecology and Evolution*, 4(12), 2410–2422. <https://doi.org/10.1002/ece3.1102>
- Lips, K., Reaser, J., & Young, B. (1999). *El Monitoreo de Anfíbios en América Latina. Un Manual para Coordinar Esfuerzos*. The Nature Conservancy.
- Maciel, A. O., Gomes, J. O., Costa, J. C. L., & Andrade, G. v. (2012). Diet, Microhabitat Use, and an Analysis of Sexual Dimorphism in *Caecilia gracilis* (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from a Riparian Forest in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*, 46(1), 47–50. <https://doi.org/10.1670/10-168>
- Maciel, A. O., & Hoogmoed, M. S. (2011). Taxonomy and distribution of caecilian amphibians (Gymnophiona) of Brazilian Amazonia, with a key to their identification. *Zootaxa*, 2984, 1–53. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2984.1.1>
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Measey, G. J. (2006). Surveying biodiversity of soil herpetofauna: towards a standard quantitative methodology. *European Journal of Soil Biology*, 42, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.07.034>



- Medina, D., Ibáñez, R., Lips, K. R., & Crawford, A. J. (2019). Amphibian diversity in serranía de majé, an isolated mountain range in eastern panamá. *ZooKeys*, 2019(859), 117–130. <https://doi.org/10.3897/zookeys.859.32869>
- Michaelis, L., & Menten, M. L. (1913). Der kinetik der invertinwirk. *Biochemische Zeitschrift*, 49, 333–369.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. [http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS\\_ECUADOR\\_2.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). *Plan de Manejo de la Reserva Biológica Cerro Plateado*. Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2018). *Ampliación Reserva Biológica Cerro Plateado. Acuerdo Ministerial Nro. 088*. Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Mittermeier, R., Myers, N., Thomsen, J., da Fonseca, G., & Olivieri, S. (1998). Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities. *Conservation Biology*, 12(3), 516–520. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.012003516.x>
- Neill, D. (1999). Introduction: Geography, Geology, Paleoclimates, Climates and Vegetation of Ecuador. In P. Jorgensen & S. León-Yáñez (Eds.), *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador* (pp. 2–25). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. 75, 1-1181.
- Neill, D. (2005). Cordillera del Cóndor: Botanical treasures between the Andes and the Amazon. *Plant Talk*, 41(1), 17–21. [https://doi.org/10.1016/0016-0032\(70\)90578-8](https://doi.org/10.1016/0016-0032(70)90578-8)
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, P. R., O'hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Szoecs, E., & Maintainer, H. W. (2019). Package “vegan.” *Community Ecology Package*, 2(9), 1–297. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- Oliveira, A., & Hoogmoed, M. S. (2018). A new species of *Caecilia* Linnaeus, 1758 (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from French Guiana. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 13(1), 13–18.
- Oliveira, U. S. C., Meneghelli, D., Messias, M. R., Gomes, I. B. S. R., & Coragem, J. T. (2012). First record of *Potomotyphlus kaupii* (Berthold, 1859) (Gymnophiona: Typhlonectidae) for the state of Rondônia, Brazil. *Herpetology Notes*, 5(May), 155–156.
- Oommen, O. v, & Measey, G. J. (2000). Distribution and abundance of the caecilian *Gegeneophis ramaswamii* (Amphibia: Gymnophiona) in southern Kerala Distribution and abundance of the caecilian *Gegeneophis ramaswamii* (Amphibia: Gymnophiona) in southern Kerala. *Current Science*, 79(November), 1386–1389.
- Páez, N. B., & Ron, S. R. (2019). Systematics of *huicundomantis*, a new subgenus of *pristimantis* (Anura, strabomantidae) with extraordinary cryptic diversity and eleven new species. In *ZooKeys* (Vol. 2019, Issue 868, pp. 1–112). <https://doi.org/10.3897/zookeys.868.26766>
- Ron, S., Caminer, M. A., Varela-Jaramillo, A., & Almeida-Reinoso, D. (2018). A new treefrog from cordillera del cóndor with comments on the biogeographic affinity between cordillera

- del cóndor and the guianan tepuis (anura, hylidae, Hyloscirtus). *ZooKeys*, 809, 97–124. <https://doi.org/10.3897/zookeys.809.25207>
- Ron, S., Duellman, W., Coloma, L., & Bustamante, M. (2003). Population Decline of the Jambato Toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology*, 37(1), 116–126. [https://doi.org/10.1670/0022-1511\(2003\)037](https://doi.org/10.1670/0022-1511(2003)037)
- Ron, S., Guayasamin, J. M., & Menéndez-Guerrero, P. (2011). Biodiversity and Conservation Status of Ecuadorian Amphibians. In H. Heatwole, C. Barrio-Amoros, & H. Wilkinson (Eds.), *Amphibian Biology* (Vols. 9, Part 2, pp. 129–170).
- Ron, S., Merino-Viteri, A., & Ortiz, D. (2019). *Anfibios del Ecuador*. Anfibios Del Ecuador. Version 2019.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/Citar>
- Ron, S., & Read, M. (2018). *Hyloscirtus albopunctulatus*. Anfibios Del Ecuador. Version 2019.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. [https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/FichaEspecie/Hyloscirtus albopunctulatus](https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/FichaEspecie/Hyloscirtus%20albopunctulatus)
- RStudio Team. (2015). *RStudio: Integrated Development for R* (1.2.1335). RStudio, Inc. <http://www.rstudio.com/>.
- Schulenberg, T., Awbrey, K., Fabregas, G., Lyer, L., Awbrey, K., Gomez, R., & Arrien, C. (Eds.). (1997). *The Cordillera del Cóndor Region of Ecuador and Peru: A Biological Assessment*. Conservation International. RAP Working Papers.
- Sigovini, M., Keppel, E., & Tagliapietra, D. (2016). Open Nomenclature in the biodiversity era. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(10), 1217–1225. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12594>
- Silva e Silva, Y. B., & Costa-Campos, C. E. (2018). Anuran species composition of Cancão municipal natural park, municipality of Serra do Navio, Amapá state, Brazil. *ZooKeys*, 2018(762), 131–148. <https://doi.org/10.3897/zookeys.762.22634>
- Smith, C. D., & Pontius, J. S. (2006). Jackknife Estimator of Species Richness with S-PLUS. *Journal of Statistical Software*, 15(3), 1–12. <https://doi.org/10.18637/jss.v015.i03>
- Stevens, M. H. H. (Eds.). (2009). *A Primer of Ecology with R*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-89882-7>
- Stuart, S., Hoffmann, M., Chanson, J., Cox, N., Berridge, R., Ramani, P., & Young, B. (Eds.). (2008). *Threatened Amphibians of the World* (Vol. 53, Issue 9). Lynx Edicions.
- Székely, P., Cogălniceanu, D., Székely, D., Páez, N., & Ron, S. (2016). A new species of *Pristimantis* from southern Ecuador (Anura, Craugastoridae). *ZooKeys*, 2016(606), 77–97. <https://doi.org/10.3897/zookeys.606.9121>
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., & de la Cruz, M. (2015). Deforestation and Forest Fragmentation in South Ecuador since the 1970s – Losing a Hotspot of Biodiversity. *Plos One*, 10(9), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133701>
- Valencia, J. H., Dueñas, M. R., Székely, P., Batallas, D., Pulluquitín, F., & Ron, S. R. (2017). A new species of direct-developing frog of the genus *Pristimantis* (Anura: Terrarana: Craugastoridae) from Cordillera del Cóndor, Ecuador, with comments on threats to the

anuran fauna of the region. In *Zootaxa* (Vol. 4353, Issue 3, pp. 447–466). Magnolia Press. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4353.3.3>

Vaz-Silva, W., Oliveira, R. M., Gonzaga, A. F. N., Pinto, K. C., Poli, F. C., Bilce, T. M., Penhacek, M., Wronski, L., Martins, J. X., Junqueira, T. G., Cesca, L. C. C., Guimarães, V. Y., & Pinheiro, R. D. (2015). Contributions to the knowledge of amphibians and reptiles from Volta Grande do Xingu, northern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75(3), S205–S218. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.00814BM>

Wilkinson, M. (2012). Caecilians. *Current Biology*, 22(17), R668–R669. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.06.019>

Wunder, S. (1996). Deforestation and the Uses of Wood in the Ecuadorian Andes. *Mountain Research and Development*, 16(4), 367–381. <https://doi.org/10.2307/3673987>