



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Biología, Ecología y

Gestión

**Condición Corporal De Anfibios De Desarrollo Directo En Bosques
Con Diferentes Estados De Regeneración En El Chocó Ecuatoriano**

**Trabajo de graduación previo a la obtención de Título de Biólogo
con mención en Ecología y Gestión.**

Autor:

Jaime Daniel Fajardo Torres

Director:

David Siddons MSc.

Codirectores:

Dr. Pedro Astudillo Webster, Karla Neira Salamea MSc.

Cuenca-Ecuador

2024

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) que respalda la Unidad de Investigación REASSEMBLY (FOR 5207; subproyecto SP2, subvención RO 3064/5-1). Agradezco al líder del subproyecto PD Dr. Mark-Oliver Rödel por brindarme la oportunidad de trabajar y conocer uno de los últimos remanentes del Chocó ecuatoriano.

A Karla Neira, por sus enseñanzas y por compartir conmigo sus conocimientos durante este proyecto de investigación.

A mi director de tesis, David Siddons por ayudarme pacientemente y aportar de manera significativa a los análisis realizados en esta tesis.

A mi codirector, Pedro Astudillo por ser un docente comprometido con su trabajo y guiarme durante este camino de aprendizaje.

A mi madre Liliam y mi esposa Karen, los pilares de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE DE CONTENIDOS	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE ANEXOS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
MÉTODOS	11
1.1 Área de Estudio	11
1.2 Diseño de la investigación.....	11
1.3 Método de muestreo.....	12
1.4 Especies estudiadas	12
1.5 Análisis de datos	13
RESULTADOS	15
DISCUSIONES	17
BIBLIOGRAFÍA	19
ANEXOS.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio y la ubicación de 37 parcelas de monitoreo	11
Figura 2. Ejemplo de anfibios monitoreados	12
Figura 3. Gráfico del ICC de cajas y puntos (boxplot) para las 4 especies estudiadas.....	16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas de las parcelas de muestreo	28
Anexo 2. Medidas morfológicas de los anfibios machos.	29
Anexo 3. Medidas morfológicas de los anfibios hembras.	30
Anexo 4. Base de abundancias de las 4 especies encontradas.	31
Anexo 5. Promedio del índice de condición corporal (ICC) en machos	32
Anexo 6. Promedio del índice de condición corporal (ICC) en hembras	33
Anexo 7. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el índice de condición corporal (ICC) en diferentes especies y sexos.....	34
Anexo 8. Base de datos morfométricos de las 4 especies encontradas en la fase de campo en los 5 tipos de hábitats	35

RESUMEN

La pérdida y fragmentación del hábitat en los bosques húmedos tropicales representa una amenaza significativa para la biodiversidad, especialmente en la ecorregión del Chocó ecuatoriano. Evaluamos el Índice de Condición Corporal (ICC) de cuatro especies de anfibios de desarrollo directo (*Craugastor longirostris*, *Pristimantis achatinus*, *Pristimantis chocoensis* y *Pristimantis latidiscus*) en cinco tipos de hábitats (bosque maduro, cacao activo, cacao en regeneración, pasto activo, pasto en regeneración) mediante métodos de muestreo nocturno en 37 parcelas distribuidas en estas categorías de hábitats, midiendo el peso y la longitud rostro-cloaca de los individuos para calcular el ICC.

El "Índice de Condición Corporal" a menudo se utiliza como un indicador de la calidad del hábitat, ya que los índices más altos suelen reflejar mejores condiciones del hábitat que proporcionan recursos suficientes para la salud óptima de los animales (Speakman, 2001). Sin embargo, el ICC calculado para cada especie no variaba entre los diferentes tipos de hábitats. A pesar de esto, las especies presentaron diferencias en su distribución en los distintos hábitats: la especie generalista *P. achatinus* ocupaba principalmente áreas intervenidas (PA y CA) y, en menores abundancias, áreas regeneradas, pero estaba ausente en bosques maduros (OG). Por otro lado, las especies más especialistas (*P. latidiscus*, *P. chocoensis* y *C. longirostris*) solo ocupaban áreas regeneradas o bosques maduros.

Los similares ICC de cada especie sugieren que cada una tiene una alta capacidad de adaptación a los hábitats en los que se encuentran, aprovechando los recursos y la estructura del hábitat disponible. La ausencia de algunas especies en ciertos hábitats puede deberse a las preferencias ecológicas específicas de cada especie y a las condiciones del hábitat, como la disponibilidad de refugio. En pastos activos, al no existir un dosel, el hábitat es propicio solo para especies terrestres; en cacaos activos, la actividad agrícola, como el uso de pesticidas y herbicidas, hace que estas áreas sean hostiles para mantener una diversidad funcional de especies. En cambio, los bosques regenerados o maduros, con una mayor heterogeneidad del paisaje, son más adecuados para mantener poblaciones de varias especies de anfibios al ofrecer más nichos en diferentes estratos del sotobosque.

Este estudio resalta la importancia de los bosques secundarios y la restauración del paisaje en la conservación de las poblaciones de anfibios de desarrollo directo, sugiriendo que este tipo de restauración ayudaría a revertir la pérdida de biodiversidad y

a mantener una diversidad de anfibios en condiciones de salud estables, abarcando tanto especies generalistas como especialistas.

ABSTRACT

Habitat loss and fragmentation in tropical rainforests pose a significant threat to biodiversity, particularly in the Ecuadorian Chocó ecoregion. We evaluated the Body Condition Index (BCI) of four species of direct-developing amphibians (*Craugastor longirostris*, *Pristimantis achatinus*, *Pristimantis chocoensis*, and *Pristimantis latidiscus*) across five habitat types (old-growth forest, active cacao, cacao in regeneration, active pasture, pasture in regeneration) using nocturnal sampling methods in 37 plots distributed across these habitat categories, measuring individual weight and snout-vent length to calculate BCI.

The "Body Condition Index" is often used as an indicator of habitat quality, as higher indices typically reflect better habitat conditions that provide sufficient resources for optimal animal health (Speakman, 2001). However, the BCI calculated for each species did not vary among the different habitat types. Despite this, species showed differences in their distribution across habitats: the generalist species *P. achatinus* primarily occupied disturbed areas (AP and CA) and, to a lesser extent, regenerated areas, but was absent in old-growth forests (OG). In contrast, the more specialist species (*P. latidiscus*, *P. chocoensis*, and *C. longirostris*) only occupied regenerated areas or old-growth forests.

The similar BCI of each species suggests that each has a high capacity to adapt to the habitats they inhabit, taking advantage of available resources and habitat structure. The absence of some species in certain habitats may be due to the specific ecological preferences of each species and habitat conditions, such as the availability of shelter. In active pastures, the lack of a canopy makes the habitat suitable only for terrestrial species; in active cacao, agricultural activities such as the use of pesticides and herbicides make these areas hostile for maintaining a functional diversity of species. In contrast, regenerated or old-growth forests, with greater landscape heterogeneity, are more suitable for maintaining populations of various amphibian species by providing more niches in different understory strata.

This study highlights the importance of secondary forests and landscape restoration in the conservation of direct-developing amphibian populations, suggesting that this type of restoration would help reverse biodiversity loss and maintain a diversity of amphibians in stable health conditions, encompassing both generalist and specialist species.

INTRODUCCIÓN

La pérdida de hábitat en los bosques tropicales lluviosos a nivel mundial constituye una amenaza significativa para la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas (Barnes et al., 2014). A medida que los bosques maduros disminuyen, los hábitats secundarios se vuelven cruciales para garantizar la conservación biológica a largo plazo (Barlow et al., 2007).

La ecorregión del Chocó, reconocida como un hotspot de biodiversidad, alberga una alta concentración de especies amenazadas (Mittermeier, 1998; Ortega-Chuquín, 2022) y enfrenta un grave problema de deforestación, habiendo perdido aproximadamente el 75% de su cobertura forestal debido a actividades humanas como la agricultura y la industria maderera (Cerón et al., 1999; Sierra, 1996). Esta región presenta escasos remanentes de bosque maduro, fragmentados y rodeados de hábitats secundarios y zonas agrícolas.

La configuración fragmentada de los bosques lluviosos implica que los organismos sensibles, como las especies especialistas de bosque, dependan en gran medida de fragmentos de hábitat cada vez más pequeños y aislados, lo que aumenta su vulnerabilidad a la extinción local (Fahrig, 2017; Székely et al., 2023). Un ejemplo notable de estos organismos son los anfibios, que son especialmente sensibles a la pérdida y fragmentación del hábitat (Wake & Vredenburg, 2008). Debido a su limitada capacidad de dispersión y dependencia de microclimas específicos (Gómez, 2023), las tasas de pérdida de anfibios en bosques lluviosos son altas en comparación con otros grupos. Además, su piel permeable los hace extremadamente vulnerables a cambios ambientales (Pérez, 2023; Roach et al., 2020).

A nivel global, los anfibios son la clase de vertebrados más amenazada, con el 48% de las especies en el Neotrópico categorizadas en algún nivel de amenaza (Luedtke et al., 2023). Por lo tanto, comprender los procesos locales que influyen en el estado de las poblaciones es crucial para entender los patrones a mayor escala.

Una manera efectiva de estudiar las condiciones de las poblaciones locales es mediante el análisis del estado de salud de los individuos. El índice de condición corporal (ICC) es una métrica que permite evaluar la salud de los individuos a partir de la relación entre su tamaño y peso (Peig & Green, 2009). Se ha demostrado que los hábitats con mejores recursos resultan en valores mayores de ICC (Peig & Green, 2009, 2010). La masa corporal indica la cantidad relativa de reservas de energía, y el tamaño puede estar

asociado a factores como la capacidad de acumular más reservas energéticas, movilidad, resistencia a la desecación y habilidad para regular la temperatura corporal (Dittrich et al., 2016; Parmelee, 1999; Peig & Green, 2009, 2010; Tracy et al., 2010).

El Índice de Condición Corporal (ICC), al relacionar el tamaño corporal con la masa corporal, proporciona un indicador del estado de salud de los individuos en su hábitat natural. Este índice es una herramienta crucial en estudios ecológicos y biológicos porque permite evaluar la condición física de diferentes especies en función de su entorno y sus recursos disponibles (Janin et al., 2011; Pough, 1980; Ramírez & Cedeño-Vázquez, 2016; Sztatecsny & Schabetsberger, 2005).

En este estudio, se busca entender cómo varía la condición corporal de cuatro especies de ranas terrestres a lo largo de un gradiente de restauración del bosque en la provincia de Esmeraldas, Ecuador. Se espera que el índice de condición corporal de tanto hembras como machos aumente a medida que incrementa el nivel de regeneración del bosque.

MÉTODOS

1.1 Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en la estación científica Canandé de la fundación Jocotoco y la reserva Tesoro Escondido ubicadas al noroccidente de Ecuador en la provincia de Esmeraldas entre los meses de agosto y octubre del 2022 (Fig. 1).

El ecosistema que corresponde al área de estudio es bosque húmedo tropical del Chocó, con elevaciones que varían entre 159 y 615 m.s.n.m. La precipitación media anual es de 2000 mm y la temperatura media anual es de 25.2°C (INAMHI, 2000).

Este ecosistema presenta una matriz heterogénea de bosques maduros, bosques secundarios, áreas agrícolas y ganaderas, donde la vegetación nativa ha sido reemplazada por pastos y cultivos de cacao.

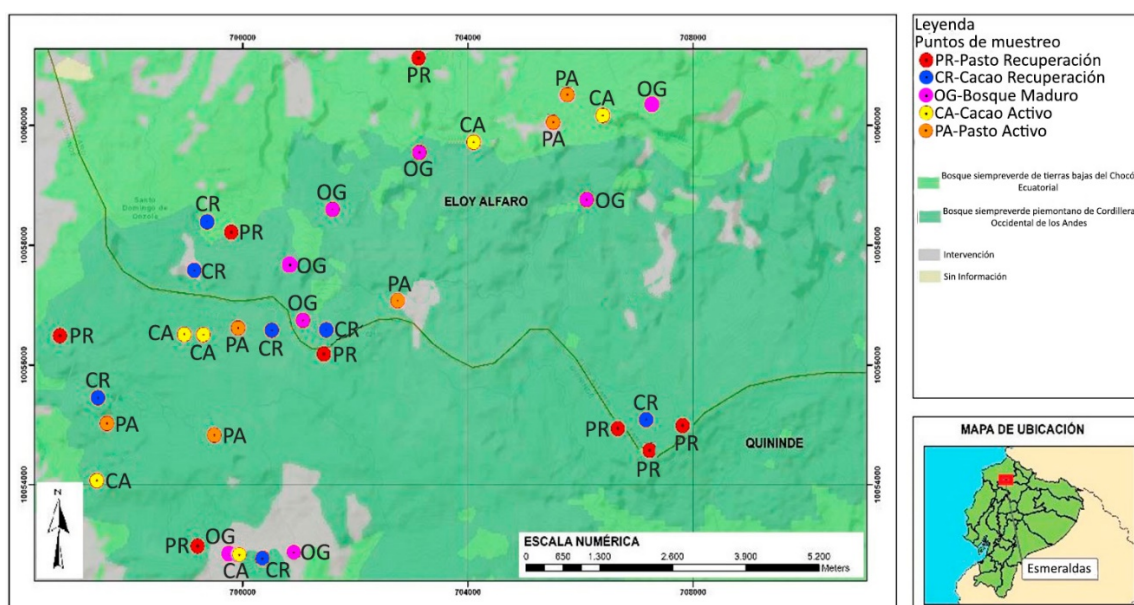


Figura 1. Área de estudio y la ubicación de 37 parcelas de monitoreo de anfibios terrestres en el ecosistema de bosque húmedo tropical del Chocó, provincia de Esmeraldas, Ecuador. Abreviaturas corresponden: PR- Pasto Recuperación, CR- Cacao Recuperación, OG- Bosque Maduro, PA- Pasto Activo, CA- Cacao Activo

1.2 Diseño de la investigación.

Se realizó el muestreo en 37 parcelas de 50 m x 50 m, instaladas por el proyecto REASSEMBLY (FOR 5207; subproyecto SP2, subvención RO 3064/5-1). Las parcelas divididas en los siguientes tipos de hábitat: siete parcelas de pastos activos (PA), cuatro parcelas de cacao activo (CA), nueve parcelas de pastos en regeneración (PR), nueve parcelas de cultivos de cacao en regeneración (CR), y ocho parcelas de bosques maduros (OG). Las parcelas PR y CR son bosques que llevan entre 8 y 30 años de

regeneración, en el pasado fueron usados como pastos o cultivos de cacao respectivamente

1.3 Método de muestreo

En cada parcela, se realizó una búsqueda visual para el muestreo estandarizado de anfibios (Rödel & Ernst, 2004) entre los meses de agosto y octubre del 2022. El monitoreo de todas las parcelas se llevó a cabo durante dos horas entre las 18:30 y las 23:00. Una vez capturadas, las ranas fueron colocadas en bolsas plásticas independientes para su posterior identificación, basada en las descripciones de anfibios del Ecuador propuestas por Ron et al. (2022) en la BioWeb. Los individuos fueron manipulados con guantes estériles para evitar la difusión de enfermedades (Cortes-Gómez et al., 2016). Para cada individuo se registró su peso con una balanza de alta precisión (± 0.001 g) y se midió la longitud rostro-cloaca (LRC) con un calibrador digital. Todos los individuos fueron liberados en los mismos hábitats donde fueron capturados.

1.4 Especies estudiadas



Figura 2. Ejemplo de anfibios monitoreados en el Bosque húmedo Tropical del Chocó Ecuatoriano en las reservas Canandé y Tesoro Escondido de Esmeraldas, Ecuador. A) Cutín común de occidente (*Pristimantis achatinus*), macho adulto. Foto: Mark-Oliver Rödel; B) Cutín del Chocó (*Pristimantis latidiscus*) Macho sobre la hembra en amplexus; C) Cutín de hocico largo (*Craugastor longirostris*), macho adulto. Foto: Mark-Oliver Rödel; D) Cutín del Chocó (*Pristimantis chocoensis*), macho adulto. Foto: Karla Neira

Pristimantis achatinus. Especie de desarrollo directo perteneciente a la familia Strabomantidae (Figura 2A). Es de hábitos nocturnos y es considerada como especie generalista de hábitats. Ocupa pastos y áreas destinadas a monocultivos o potreros (UICN, 2018). En Ecuador se distribuye en las tierras bajas costeras y piedemonte occidental de los Andes, de norte a sur. (Ron, 2018).

Pristimantis latidiscus. Especie de desarrollo directo perteneciente a la familia Strabomantidae (Figura 2B). Habita bosques tropicales de tierras bajas y las estribaciones occidentales. Es de hábitos nocturnos y se asocia a vegetación leñosa y arbustiva. Por la noche se posa sobre vegetación media y baja en bosques poco perturbados y bordes de bosques, evita las áreas abiertas (MECN, 2010).

Craugastor longirostris. Especie de desarrollo directo perteneciente a la familia Craugastoridae (Figura 2C). Es de hábitos nocturnos y ocupa vegetación arbustiva de los bosques tropicales de tierras bajas (Read et al, 2022). En general, ocupa hábitats cercanos a arroyos que atraviesan bosques secundarios como así también en bosques primarios; rara vez se encuentra en hábitats abiertos (Lynch & Duellman, 1997).

Pristimantis chocoensis. Endémica del Ecuador (Reyes-Puig et al, 2020) presenta desarrollo directo y pertenece a la familia Strabomantidae (Figura 2D). Es una especie que ocupa principalmente las áreas de sotobosques en hábitat primarios evita las áreas abiertas o intervenidas (Carrión, 2022). Restringida a cuatro localidades de bosque siempreverde de tierras bajas (200-680 m.s.n.m.) de la provincia de Esmeraldas (Reyes-Puig et al, 2020).

1.5 Análisis de datos

Cálculo de ICC: este índice se obtuvo para cada sexo debido al dimorfismo sexual y se realizó por cada individuo de las 4 especies muestreadas, siguiendo la fórmula de Peig & Green (2009):

$$ICC_i = \text{Peso}_i * \left(\frac{\text{Tamaño medio}}{\text{Tamaño}_i} \right)^{BSMA}$$

Donde: ICC_i es el Índice de Condición Corporal del individuo i , peso_i es la masa del individuo i , tamaño_i es el tamaño del individuo i , Tamaño medio es el tamaño promedio de todos los individuos, $BSMA$ es el exponente derivado de la pendiente de la regresión estándar de los logaritmos de la masa y el tamaño lo cual ayuda a comprender como se

relaciona el peso corporal y la longitud rostro cloaca de los individuos (MacCracken & Stebbings, 2012).

Definición de variables: se tomó como variable dependiente el índice de condición corporal (ICC) y como variable independiente, el tipo de hábitat (Fig. 1). Exploramos las especies por separado debido a que cada uno tendrá sus propios nichos también, analizamos el sexo de cada especie por separado esto debido al dimorfismo sexual que presentan cada una de las 4 especies de anfibios (Fig. 2). Dado que se realizaron 8 análisis estadísticos, se aplicó la corrección de Bonferroni y trabajábamos con un alfa de 0.00625. Para identificar diferencias significativas entre los grupos y proporcionar intervalos de confianza, se empleó la prueba post hoc de Tukey. Todos los análisis fueron hechos en R versión 4.2.3 (R Core Team, 2023).

RESULTADOS

Se obtuvieron en total 104 individuos, 33 son de *C. longirostris* con 24 machos y 10 hembras, 35 de *P. achatinus* con 29 machos y 6 hembras, 15 de *P. chocoensis* con 10 machos y 5 hembras y 21 de *P. latidiscus* con 12 machos y 9 hembras (Anexo 4).

Se evidenció que no existe diferencias significativas entre machos y hembras en cuanto al ICC entre los diferentes tipos de hábitats. (Fig.3; Anexo 7). En el análisis de varianza anova que se realizó para cada sexo, se excluyeron los individuos: hembras de *P. achatinus* $n= 6$ y *P. chocoensis* $n= 5$, debido al reducido número de ejemplares encontrados.

Los valores del análisis ANOVA, no mostraron que las diferencias entre el ICC de machos y hembras sean diferentes entre los distintos tipos de hábitats. Para los machos de *C. longirostris*, el valor $F_{1,22}$ fue 1.127 con un valor de P de 0.3. De manera similar, para las hembras de esta especie, el valor $F_{1,7}$ fue 0.075 y el valor de P fue 0.792.

En el caso de *P. latidiscus*, los machos presentaron un valor $F_{1,10}$ de 0.002 y un valor de P de 0.965, mientras que las hembras tuvieron un valor $F_{1,7}$ de 0.285 y un valor de P de 0.61.

Para los machos de *P. chocoensis*, el valor $F_{1,8}$ fue 1.87 y el valor de P fue 0.209. Finalmente, los machos de *P. achatinus* mostraron un valor $F_{1,25}$ de 0.843 y un valor de P de 0.483. En todos los casos la evidencia sugiere que los resultados no alcanzaron una estadística significativa para ninguna de las 4 especies entre los 5 tipos de hábitats

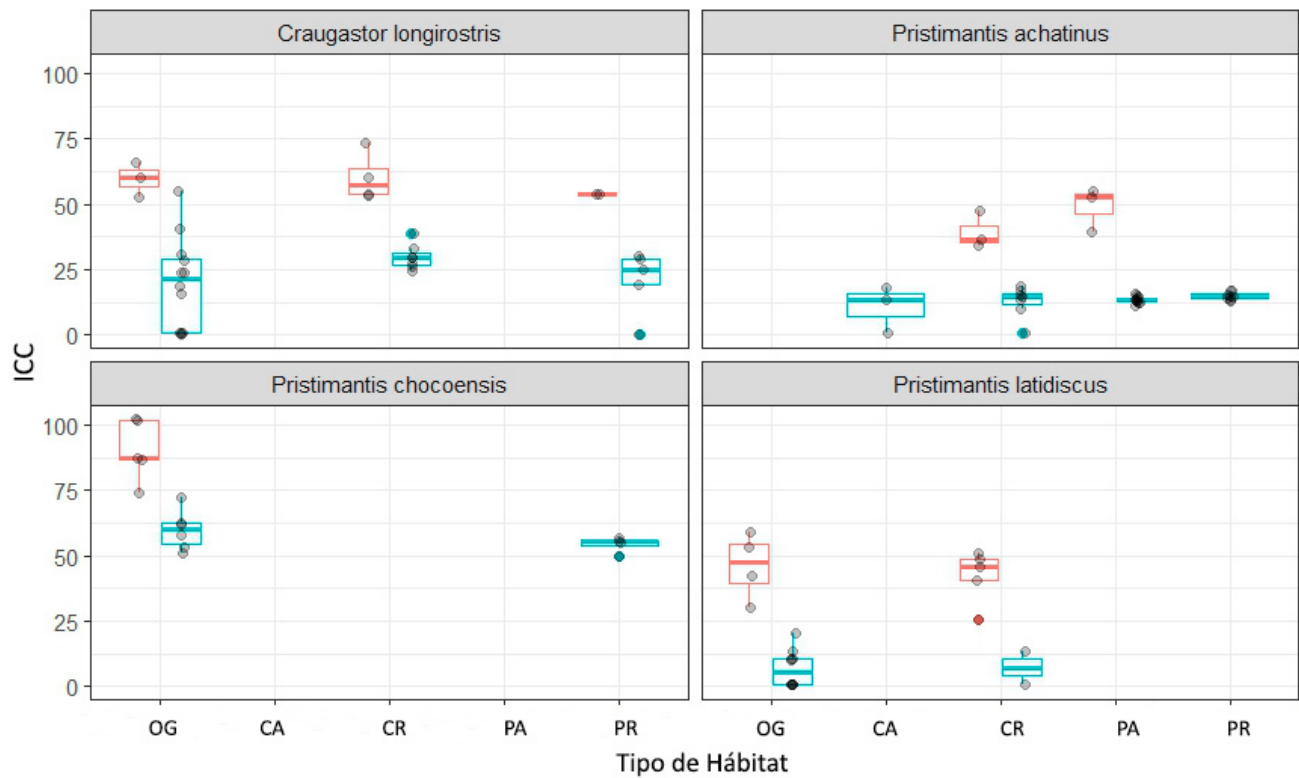


Figura 3. El Índice de Condición Corporal (ICC) de *Craugastor longirostris*, *Pristimantis achatinus*, *Pristimantis chocoensis* y *Pristimantis latidiscus* en distintos tipos de hábitat (CA= cacao activo, CR= cacao en regeneración, OG= bosque maduro, PA= pasto activo, PR= pasto en regeneración). Machos están en azul y hembras en rojo.

DISCUSIONES

El Índice de Condición Corporal (ICC) de las especies de anfibios *Craugastor longirostris*, *Pristimantis achatinus*, *Pristimantis chocoensis*, y *Pristimantis latidiscus* no mostró diferencias significativas entre los distintos tipos de hábitats analizados (bosque maduro, pasto y cacao en regeneración, pasto y cacao activos). Esto sugiere que estas especies, al ser de desarrollo directo, podrían estar mejor adaptadas a una variedad de condiciones ambientales que no dependen exclusivamente de cuerpos de agua para su ciclo de vida.

La capacidad de estas especies para asociarse a diversos nichos, incluyendo aquellos con diferentes coberturas vegetales, podría explicar la falta de variación en el ICC entre hábitats (Wilbur, 1980; Lynch y Suárez-Moyorga, 2004). A pesar de que estas especies dependen de condiciones específicas de humedad, los microhábitats proporcionados por la vegetación en cada tipo de hábitat parecen permitirles mantener un ICC similar, independientemente del grado de perturbación del entorno (Garzón, 2010).

No todas las especies muestreadas se encontraron en los cinco tipos de hábitats, lo que limita la comparación del ICC entre ellas. *Pristimantis achatinus*, una especie generalista (García, 2017), mostró una notable capacidad para ocupar una variedad de entornos, incluidos pastos y cacaos activos, caracterizados por la presencia de pastos introducidos y el uso de fertilizantes y pesticidas. Esta puede ser la razón por la cual solo *P. achatinus* ha logrado utilizar estos monocultivos con menor diversidad de microhábitats y nichos ecológicos, lo que afecta la dinámica de depredación y competencia, y ofrece menos refugios para los anfibios (Cushman, 2006). A pesar de estas limitaciones, *P. achatinus* mostró un ICC similar entre áreas abiertas y bosques en regeneración, lo que subraya su capacidad de adaptación a ambientes perturbados (Becker & Loyola, 2008).

Por otro lado, *P. chocoensis*, *P. latidiscus*, y *C. longirostris* fueron encontradas únicamente en áreas regeneradas y bosques maduros, lo que sugiere que dependen de hábitats más específicos, evitando áreas abiertas (Read et al., 2022; Reyes Puig, 2020; MECN, 2010). Estas especies podrían ser más sensibles a los químicos utilizados en áreas agrícolas. Sparling, Fellers, & McConnell (2001) encontraron que la exposición a herbicidas y pesticidas en áreas agrícolas afectó negativamente la salud de los anfibios, disminuyendo su capacidad para mantener un peso saludable y afectando su condición corporal.

La diversidad estructural y de cobertura vegetal en los bosques del Chocó ecuatoriano proporciona una variedad de microhábitats y nichos ecológicos que benefician a estas especies, permitiéndoles explotar los recursos disponibles y mantenerse en diferentes hábitats. La heterogeneidad del paisaje en estos bosques tropicales ofrece refugios y fuentes de alimento esenciales para la supervivencia y la estabilidad del ICC, especialmente frente a la depredación y la competencia intra e interespecífica (Schlaepfer & Gavin, 2001; Selva, 2004).

El muestreo se realizó durante la época seca de 2022 (agosto a octubre), y es importante destacar que las condiciones climáticas en la eco-región del Chocó ecuatoriano, caracterizada por dos estaciones principales, podrían estar influyendo en los resultados obtenidos (INAMHI, 2000). La estabilidad climática en esta región, con temperaturas relativamente constantes durante todo el año (25.2°C), podría explicar la falta de variación en el ICC entre las especies estudiadas durante la época seca.

A diferencia de otras regiones del mundo, donde el clima estacional afecta significativamente el ICC de los anfibios, en el bosque húmedo tropical del Chocó, la homogeneidad de las condiciones ambientales parece proporcionar un entorno favorable que permite a los anfibios mantener una condición corporal estable, independientemente de la estación o del tipo de hábitat (Wells, 2007; Pearman, Velasco y López, 1995).

En otras regiones con estacionalidades más marcadas, el clima es un factor determinante para el ICC de los anfibios. Por ejemplo, Băncilă et al. (2010) encontraron que la condición corporal de *Bombina variegata* es mayor en primavera que en otoño en Rumania. En el norte de Austria, *Bufo bufo* muestra un ICC menor en individuos que migran a altitudes más altas y frías para reproducirse, en comparación con aquellos que permanecen en altitudes más bajas con un clima más estable (Sztatecsny y Schabetsberger, 2005). Asimismo, en Santa Fé, Argentina, *Hypsiboas pulchellus* y *Dendropsophus nanus* dependen de un consumo acelerado de presas y reservas de grasa para sobrevivir el invierno, lo que contrasta con la estabilidad observada en los anfibios del Chocó ecuatoriano (Antoniazzi et al., 2023).

Contrariamente a lo que se observa en otras regiones, la homogeneidad de las condiciones climáticas en el bosque húmedo tropical del Chocó ecuatoriano, debido a su ubicación geográfica y elevación moderada (159 a 615 m.s.n.m.), podría ser la razón por la cual no se encontraron diferencias significativas en el ICC entre las especies de desarrollo directo en los distintos tipos de hábitats durante la época seca (Keller et al.,

2009). Estudios previos apoyan la idea de que la homogeneidad climática juega un papel crucial en la estabilidad del ICC. Whiles et al. (2006) encontraron que el ICC de especies de desarrollo directo como *Craugastor* spp. no difiere entre diferentes tipos de hábitats en los trópicos, debido a la homogeneidad en temperatura y humedad.

Es crucial que futuros estudios incluyan un enfoque en la variación estacional, considerando tanto la temporada lluviosa como la seca del bosque húmedo tropical del Chocó ecuatoriano. Esto permitirá contrastar los resultados y proporcionar una comprensión más profunda de la ecología de los anfibios en este ecosistema, mejorando el conocimiento sobre cómo los bosques secundarios y áreas intervenidas afectan la salud de las poblaciones de anfibios y contribuyen a su conservación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña-Vargas, J. C. (2016). Anfibios y reptiles asociados a cinco coberturas de la tierra, municipio de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(2), 133-146.
- Agostini, M. G. (2013). Ecotoxicología de anfibios en agroecosistemas del noreste de la región pampeana (Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata).
- Angarita-Sierra, T. (2014). Diagnóstico del estado de conservación del ensamble de anfibios y reptiles presentes en los ecosistemas de sabanas inundables de la cuenca del río Pauto, Casanare, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(146), 53-78.
- Angulo, A. (2002). Anfibios y paradojas: Perspectivas sobre la diversidad y las poblaciones de anfibios. *Ecología Aplicada*, 1(1-2), 99-105.
- Antoniazzi, C. E., López, J. A., Duré, M., & Falico, D. A. (2013). Alimentación de dos especies de anfibios (Anura: Hylidae) en la estación de bajas temperaturas y su relación con la acumulación de energía en Santa Fe, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 875-886.
- Băncilă, R. I., Hartel, T., Plăiașu, R., Smets, J., & Cogălniceanu, D. (2010). Comparing three body condition indices in amphibians: A case study of yellow-bellied toad *Bombina variegata*. *Amphibia-Reptilia*, 31(4), 558-562.
- Becker, C. G., & Loyola, R. D. (2008). Extinction risk assessments at the population and species level: Implications for amphibian conservation. *Biodiversity and Conservation*, 17(8), 2297-2304.

- Bionda, C., Gari, N., Luque, E., Salas, N., Lajmanovich, R., & Martino, A. (2012). Ecología trófica en larvas de *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) en agroecosistemas y sus posibles implicaciones para la conservación. *Revista de Biología Tropical*, 60(2), 771-779.
- Blanco Torres, A., Bolívar García, W., Giraldo, A., et al. (2019). Ecología trófica. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/4013>.
- Boulenger, G. A. (1898). An account of the reptiles and batrachians collected by Mr. W. F. H. Rosenberg in western Ecuador. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1898, 107-126.
- Bustamante, M. R., Ron, S. R., & Coloma, L. A. (2005). Cambios en la diversidad en siete comunidades de anuros en los Andes de Ecuador. *Biotropica*, 37(2), 180-189.
- Carrión, J. C. (2022). *Pristimantis chochoensis*. En S. R. Ron, A. Merino-Viteri & D. A. Ortiz (Eds.), *Anfibios del Ecuador* (Versión 2022.0). Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/FichaEspecie/Pristimantis%20chochoensis>. Acceso: 18 de enero de 2024.
- Cerón, C., Palacios, W., Valencia, R., & Sierra, R. (1999). Las formaciones naturales de la Costa del Ecuador: Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. En R. Sierra (Ed.), *Proyecto INEFAN/GERF-BIRF y Ecociencia*. Quito.
- Cespedez, J. A., Zaracho, V. H., Álvarez, B. B., & Colombo, M. C. (2008). Diversidad de anfibios: Su importancia en los ecosistemas y declinación de poblaciones.
- Chazdon, R. L. (2003). Tropical forest recovery: Legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6(1-2), 51-71. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00042>
- Chiapero, F., Mariscal, S. F., Panigo, D. E., & Carezzano, F. (2019). Morfometría de *Physalaemus biligonigerus* (Anura: Leptodactylidae) en dos ambientes con distinta perturbación. *The Biologist (Lima)*, 17(1).

- Cortés-Gómez, A. M., Castro-Herrera, F., & Urbina-Cardona, J. N. (2013). Pequeños cambios en la estructura de la vegetación crean grandes cambios en los conjuntos de anfibios en el bosque lluvioso del Pacífico colombiano. *Ciencias de la Conservación Tropical*, 6(6), 749-769. <https://doi.org/10.1177/194008291300600604>
- Cota, A. D. (2020). Patrones de diversificación en anfibios neotropicales (Tesis doctoral, Universidad de Sevilla).
- Cruz García, F. K. (2017). Diversidad y preferencia de microhábitats de la herpetofauna del bosque protector “Pedro Franco Dávila” (Jauneche) y del área provincial natural de recreación “Cerro de Hayas” (Naranjal) (Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil).
- Cushman, S. A. (2006). Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation*, 128(2), 231-240.
- Denoël, M., & Lehmann, A. (2006). Multi-scale effect of landscape processes and habitat quality on newt abundance: Implications for conservation. *Biological Conservation*, 130(4), 495-504.
- Fahrig, L. (2017). Ecological responses to habitat fragmentation per se. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022612>
- Ficetola, G. F., & De Bernardi, F. (2004). Amphibians in a human-dominated landscape: The community structure is related to habitat features and isolation. *Biological Conservation*, 119(2), 219-230.
- Frost, D. R. (2016). *Amphibian species of the world: An online reference* (Versión 6.0). American Museum of Natural History. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>
- García, A., & Cabrera-Reyes, A. (2008). Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(3), 91-115.
- García, M. S., & Ñaupari, K. F. (2020). Diversidad de coleópteros en zonas agrícolas de la provincia de Pichincha, Ecuador (Tesis doctoral, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana).

- Gardner, T. A., Ribeiro-Júnior, M. A., Barlow, J., Ávila-Pires, T. C., Hoogmoed, M. S., & Peres, C. A. (2007). El valor de los bosques primarios, secundarios y de plantación para una herpetofauna neotropical. *Biología de la Conservación*, 21, 775–787.
- Gardner, T. A., Barlow, J., Parry, L. W., & Peres, C. A. (2007). Predicting the uncertain future of tropical forest species in a data vacuum. *Biotropica*, 39(1), 25-30. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00228.x>
- Garzón, D. C. G. (2010). *Ensamblaje de anfibios y su relación con variables del microhábitat en un gradiente potrero-borde-interior de bosque en la reserva forestal San José en la laguna protectora y productora de Pedro Palo (Tena, Cundinamarca)* (Tesis doctoral, Pontificia Universidad Javeriana).
- Gómez, I. N. (2023). Diversidad y distribución espacial de los anfibios del río Sirain en el bosque muy húmedo tropical, Kankintú, Bocas del Toro, 2022. *Revista Colegiada de Ciencia*, 5(1), 15-35.
- Guerrero Lucero, D. I. (2022). *Impacto de los agroquímicos sobre la comunidad de anuros en un agroecosistema del Chocó ecuatoriano* (Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales).
- Ibáñez, R., Solís, F., Jaramillo, C. A., & Rand, S. (2000). An overview of the herpetology of Panama. En J. D. Johnson, R. G. Webb, & O. A. Flores-Villela (Eds.), *Mesoamerican Herpetology: Systematics, Zoogeography and Conservation* (pp. 159-170). The University of Texas at El Paso.
- IUCN. (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species*. <http://www.iucnredlist.org/search> (Consultado: 2018).
- Janin, A., Léna, J.-P., & Joly, P. (2011). Beyond occurrence: Body condition and stress hormone as integrative indicators of habitat availability and fragmentation in the common toad. *Biological Conservation*, 144(3), 1008–1016. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.009>
- Jenkins, C. L., & Zahler, P. Using Geographic Information Systems to Identify Hotspots of Amphibian Biodiversity in the Andes of Southern Peru. *Usando el sistema de información geográfica para identificar zonas de biodiversidad anfibio en los Andes que están en el sur de Perú*.

- Keller, A., Rödel, M.-O., Linsenmair, K. E., & Grafe, T. U. (2009). The importance of environmental heterogeneity for species diversity and community composition of amphibians in tropical forest. *Journal of Tropical Ecology*, 25(3), 261-269.
- Legendre, P., & Vaudor, A. (1991). *Département de sciences biologiques*. Université de Montréal.
- Lips, K. R., Burrowes, P. A., Mendelson III, J. R., & Parra-Olea, G. (2005). Amphibian declines in Latin America: Widespread population declines, extinctions, and impacts. *Biotropica*, 37(2), 163-165.
- Lips, K. R., Reaser, J. K., Young, B. E., & Ibáñez, R. (1999). *El monitoreo de anfibios en América Latina*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. *Herpetological Circular*, 30(11), 1-115.
- Lynch, J. D., & Duellman, W. E. (1997). *Frogs of the genus Eleutherodactylus in Western Ecuador: systematics, ecology, and biogeography*. The University of Kansas, Natural History Museum, Special Publication, 23:1-236.
- Lynch, J. D., & Suárez-Mayorga, A. M. (2004). Anfíbios en el Chocó biogeográfico. En *Colombia Diversidad Biológica IV. El Chocó Biogeográfico/Costa Pacífica* (pp. 633-653).
- MacCracken, J. G., & Stebbings, J. L. (2012). Test of a body condition index with amphibians. *Journal of Herpetology*, 46(3), 346–350. <https://doi.org/10.1670/10-292>
- MECN. (2010). *Serie Herpetofauna del Ecuador: El Chocó Esmeraldeño* (Monografía). Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Quito, Ecuador.
- Mexzón, R. G., & Chinchilla, C. (2003). Especies vegetales atrayentes de la entomofauna benéfica en plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Costa Rica. *Palmas*, 24(1), 33-57.
- Mittermeier, R. A., Myers, N., Thomsen, J. B., Da Fonseca, G. A., & Olivieri, S. (1998). Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: Approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology*, 516-520.
- Monge-Villegas, D. (2019). *Rasgos funcionales y variables ambientales que explican la abundancia de anuros (Amphibia) en ambientes perturbados en la región tropical de América* (Tesis de maestría).

- Neira Salamea, K. D., & Quezada Riera, A. B. (2017). *Estructura espacial de poblaciones de *Pristimantis achatinus* en bosque piemontano occidental de Los Andes* (Tesis de licenciatura, Universidad del Azuay).
- Ortega Chuquín, J. U. (2021). *Evaluación de la fragmentación y pérdida del bosque húmedo en la provincia de Esmeraldas, en el Hotspot Tumbes-Chocó-Magdalena* (Tesis de licenciatura).
- Ortega-Andrade, H. M., Rodes Blanco, M., Cisneros-Heredia, D. F., Guerra Arévalo, N., López De Vargas-Machuca, K., Sánchez-Nivicela, J. C., Armijos-Ojeda, D., Andrade, J. F., Reyes-Puig, C., Riera, A., Székely, P., Soto, O., Székely, D., Guayasamin, J. M., Pesántez, F., Amador, L., Betancourt, R., Ramírez-Jaramillo, S., Timbe-Borja, B., Laporta, M., Bernal, J., Cachimuel, L., Jácome, D., Posse, V., Valle-Piñuela, C., Jiménez, D., Reyes-Puig, J., Terán-Valdez, A., Coloma, L. A., Lara, M., Carvajal-Endara, S., Urgilés, M. G., Muñoz, M. (2021). Red List assessment of amphibian species of Ecuador: A multidimensional approach for their conservation. *PLoS ONE*, 16.
- Padilla, N. A., & Lara, A. E. (2017). Valoración económica ambiental del compartimiento leñoso como una alternativa para conservar la biodiversidad del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(1).
- Parmelee, J. R. (1998). *Trophic ecology of a tropical anuran assemblage* (Doctoral dissertation, University of Kansas).
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., & Verón, S. R. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia Hoy*, 15(87), 14-23.
- Peig, J., & Green, A. J. (2010). The paradigm of body condition: A critical reappraisal of current methods based on mass and length. *Functional Ecology*, 24(6), 1323–1332. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01751.x>
- Pérez Iglesias, J. M. (2018). *Empleo de anfibios autóctonos como herramienta bioanalítica de respuestas temprana a la exposición de herbicidas utilizados en agroecosistemas pampeanos* (Doctoral dissertation).
- Pérez Lara, M. B. (2023). *Efecto del cambio climático en la distribución de las especies de anfibios endémicos y amenazados de Ecuador* (Tesis de maestría,

- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (Versión 3.1.1) [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (Fecha de acceso: noviembre de 2023)
- Ramírez, R. M., & Cedeño Vázquez, J. R. (2016). *Talla, condición corporal y complejidad trófica de Trachycephalus typhonius en un paisaje fragmentado en el sur de Quintana Roo, México* (Tesis doctoral, El Colegio de la Frontera Sur).
- Read, M., Ron, S. R., Yáñez-Muñoz, M. H., & Pazmiño-Armijos, G. (2022). *Craugastor longirostris*. En Ron, S. R., Merino-Viteri, A., & Ortiz, D. A. (Eds.), *Anfibios del Ecuador*. Versión 2022.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/FichaEspecie/Craugastor%20longirostris> [Acceso: 18 de enero de 2024].
- Reyes-Puig, C., Yáñez-Muñoz, M., Ortega, J., & Ron, S. (2020). Relaciones filogenéticas del subgénero Hypodictyon (Anura: Strabomantidae: Pristimantis) con la descripción de tres especies nuevas de la región del Chocó. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, e913013.
- 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>.
- Ron, S. R. (2018). Base de datos de la colección de anfibios del Museo de Zoología (QCAZ). Versión 1.0. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <https://bioweb.bio/portal/>.
- Ron, S. R., Merino-Viteri, A., & Ortiz, D. A. (2022). *Anfibios del Ecuador*. Versión 2022.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb> [Acceso: 3 de enero, 2022].
- Salgado-Negret, B. (Ed.). (2015). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 236 pp.

- Sánchez Manjarrez, D. (2017). *Dimorfismo sexual en Ambystoma rivulare (Caudata: Ambystomatidae)*.
- Sandoval Arévalo, D. L. (2016). *Riqueza específica y descripción de microhábitats de anfibios del bosque de Aypate, Ayabaca, Piura*.
- Schlaepfer, M. A., & Gavin, T. A. (2001). Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. *Conservation Biology*, 15(4), 1079-1090.
- Selva, S. (2004). *Distribución y abundancia de anfibios en bosques tropicales húmedos con diferente estado de sucesión*. (Tesis doctoral, Universidad de Costa Rica).
- Serna, L. J. C., Lagunes, R. S., Ortiz, J. S., & Sato, J. A. P. (2018). Nicho ecológico fundamental de *Ecnomiohyla miotympanum* (Cope, 1863) con DIVA-GIS y MaxEnt. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 8(2), 84-93.
- Sparling, D. W., Fellers, G. M., & McConnell, L. L. (2001). Pesticides and Amphibian Population Declines in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(7), 1591-1595. <https://doi.org/10.1002/etc.5620200712>
- Speakman, J. R. (2001). Body condition: ¿What it is and does it matter? In *Proceedings of the Nutrition Society* (Vol. 60, Issue 4, pp. 587-595). Cambridge University Press. DOI: 10.1079/PNS2001114.
- Székely, P., Córdova-Díaz, M., Hualpa-Vega, D., Hualpa-Vega, S., & Székely, D. (2023). A new glassfrog species of the genus *Centrolene* (Amphibia, Anura, Centrolenidae) from Cordillera del Cóndor, southern Ecuador. *ZooKeys*, 1149, 53-70.
- Sztatecsny, M., & Schabetsberger, R. (2005). Into thin air: vertical migration, body condition, and quality of terrestrial habitats of alpine common toads, *Bufo bufo*. *Canadian Journal of Zoology*, 83(6), 788–796. <https://doi.org/10.1139/z05-071>.
- Tracy, C. R., Christian, K. A., & Tracy, C. R. (2010). Not just small, wet, and cold: effects of body size and skin resistance on thermoregulation and arboreality of frogs. *Ecology*, 91(5), 1477-1484.
- Urbina-Cardona, J. N., & Londoño, M. M. C. (2003). Distribución de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro áreas con diferente grado de perturbación en

- la Isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 27, 105–113.
- Wake, D. B., & Vredenburg, V. T. (2008). Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(Suppl 1), 11466-11473.
- Wells, K. D. (2007). *The ecology and behavior of amphibians*. University of Chicago Press.
- Whiles, M. R., Lips, K. R., Pringle, C. M., Kilham, S. S., Bixby, R. J., Brenes, R., Connelly, S., Colon-Gaud, C., Hunte-Brown, M., Huryn, A. D., Montgomery, C., & Peterson, S. (2006). The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(1), 27-34.
- Wilbur, H. M. (1980). Complex life cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11, 67–93.
- Wright, S. J. (2005). Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(10), 553-560. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.07.009>.
- Yáñez, P., & Estupiñán, S. (2016). Actividades antropogénicas y la dinámica de la quitridiomycosis como enfermedad infecciosa de anfibios neotropicales.
- Yáñez-Muñoz, M. H., Chimbo, A., & Venegas, P. J. (2007). Anfibios y reptiles. En *Ecuador: Territorio Cofan Dureno* (pp. 96-99).

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de 37 Coordenadas de las parcelas de muestreo con su elevación (msnm) para el monitoreo de anfibios en Esmeraldas, en el Bosque Húmedo Tropical del Chocó Ecuatoriano. Abreviaturas corresponden: PR- Pasto Recuperación, CR- Cacao Recuperación, OG- Bosque Maduro, PA-Pasto Activo, CA-Cacao Activo

Parcela	Latitud	Longitud	Elevación(msnm)
PA1	0,49762915	-79,2245172	350
PA2	0,49762915	-79,2245172	350
CR1	0,501487	-79,225953	400
CR2	0,52804	-79,20852	352
CR3	0,51179071	-79,2035924	375
PA3	0,511013	-79,20914	375
OG1	0,53849369	-79,1746263	345
OG2	0,51316199	-79,193234	372
OG3	0,52156091	-79,1953718	576
PR1	0,55273882	-79,1748011	177
OG4	0,47778298	-79,203704	372
PR2	0,47907178	-79,2100713	316
OG5	0,47805296	-79,194703	300
CR4	0,47718275	-79,199574	347
CR5	0,47790159	-79,2050657	372
PR3	0,51083886	-79,2320208	415
CA1	0,540053	-79,16599	363
PA4	0,51613	-79,178116	499
CA2	0,511049	-79,212168	372
PA5	0,543056	-79,153322	243
PR4	0,51652028	-79,1430608	380
PR5	0,49351112	-79,1379267	615
PR6	0,49351112	-79,1379267	615
CR6	0,49815998	-79,1384834	592
OG6	0,531384	-79,147979	296
CR7	0,52072196	-79,210593	397
PR7	0,50806604	-79,1898981	560
CR8	0,48896897	-79,2261255	311
PR8	0,48926812	-79,2284118	311
PA6	0,49585202	-79,207377	503
OG7	0,54574253	-79,1375707	238
OG8	0,531384	-79,147979	296
OG9	0,52989604	-79,188508	389
PR9	0,52645359	-79,2046632	325
CR9	0,51173321	-79,1895098	560
CA3	0,511049	-79,212168	372