



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN

**Estructura espacial de poblaciones de *Pristimantis achatinus*
en bosque piemontano occidental de Los Andes**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

Autoras:

KARLA DANIELA NEIRA SALAMEA

AMANDA BELÉN QUEZADA RIERA

Director:

BORIS ADRIÁN TINOCO MOLINA

Codirectores:

JUAN CARLOS SÁNCHEZ NIVICELA

VERÓNICA LORENA URGILÉS PEÑAFIEL

CUENCA-ECUADOR

2016

DEDICATORIA

A mis papás que son el motor de cada una de mis aventuras.

A mi abuelo Luis Antonio, mi ejemplo de tenacidad y disciplina.

Karla

A mis padres por alentarme a perseguir mis sueños y a esforzarme por ellos.

A mi familia por su amor incondicional, paciencia y apoyo en cada paso que doy.

A Santiago por demostrarme que cuando uno quiere, toda dificultad se supera.

Amanda

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Boris Tinoco por su presencia y paciencia a lo largo de este proyecto. Por enseñarnos que con un trabajo bien hecho, se puede demostrar incluso que «Dios existe».

A nuestros amigos Juan Carlos Sánchez y Verónica Urgilés por abrirnos las puertas hacia el mundo de las ranas; su guía, apoyo y compañía a lo largo del trabajo fueron fundamentales.

A Sebastián Padrón y Rafaela Ansaloni por sus ideas y por la revisión de este trabajo.

A la Fundación Jocotoco por promover la conservación de los bosques y por habernos permitido realizar nuestra investigación en ellos.

A ELECAUSTRO por habernos permitido realizar la investigación en sus bosques.

A Alexandra Elbakyan, Ross Ihaka y Robert Gentleman por fomentar el acceso libre a la información, indispensable para el desarrollo de esta investigación –y otras miles–.

A nuestros hermanos Martín y Mateo por creer siempre en nosotras.

Finalmente, a nuestros padres, nada sería posible sin ellos. Gracias por la confianza, al poner las manos en el fuego, para que sus hijas exploren el –para muchos– desconocido mundo de la biología.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: METODOLOGÍA	4
1.2 Área de estudio.....	4
1.3 Especie en estudio.....	5
1.4 Diseño de la investigación.....	6
CAPÍTULO 2: RESULTADOS	10
2.1 Abundancia relativa.....	10
2.2 Proporción de edades	11
2.3 Proporción de sexos.....	11
2.4 Condición corporal	12
CAPÍTULO 3: DISCUSIONES	13

BIBLIOGRAFÍA.....	17
ANEXOS.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa del Área de estudio.....	5
Figura 1.2: Fotografía de <i>P. achatinus</i>	5
Figura 1.3: Diseño de la investigación.....	7
Figura 2.1: Comparación de la abundancia relativa de <i>P. achatinus</i> entre diferentes tipos de hábitat en bosque piemontano occidental de los Andes.....	10
Figura 2.2: Comparación de proporciones de juveniles de <i>P. achatinus</i> en los distintos tipos de hábitat en bosque piemontano occidental de los Andes.....	11
Figura 2.3: Comparación de proporciones de machos de <i>P. achatinus</i> en los distintos tipos de hábitat en bosque piemontano occidental de los Andes.....	12

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografía de los tipos de hábitat.....	23
Anexo 2. Fotografías de sacos vocales en machos.....	23
Anexo 3. Fotografía de la metodología utilizada para mediciones de individuos.....	24

**ESTRUCTURA ESPACIAL DE POBLACIONES DE *Pristimantis achatinus*
EN BOSQUE PIEMONTANO OCCIDENTAL DE LOS ANDES.**

RESUMEN

El estudio de especies generalistas puede ayudar a predecir los cambios en la estructura de poblaciones en ambientes disturbados. *P. achatinus* es una especie generalista que ha sido considerada adaptada al disturbio. En esta investigación exploramos cómo cambia su estructura poblacional entre tres tipos de hábitat: borde, bosque y pastizal. Se colocaron once bloques en bosques piemontanos del occidente del Ecuador; cada bloque contaba con tres transectos, uno en cada tipo de hábitat. Analizamos la abundancia relativa, la proporción de sexos, la proporción de edades y la condición corporal de los individuos. El tipo de hábitat influyó en todas las variables, excepto para condición corporal. Los resultados indicaron que el borde es el hábitat con mejores condiciones para la especie.

Palabras clave: *Especies generalistas, Craugastoridae, hábitats disturbados, borde, Neotrópico.*



Boris Adrián Tinoco Molina.

Director del Trabajo de Titulación



Antonio Manuel Crespo Ampudia.

Director de Escuela



Karla Daniela Neira Salamea.



Amanda Belén Quezada Riera.

Autoras

**SPATIAL STRUCTURE OF *Pristimantis achatinus* POPULATIONS IN
PIEMONTANO FOREST OF WESTERN ANDES**

ABSTRACT

The study of generalist species can help predict changes in the structure of population in disturbed environments. *P. achatinus* is a generalist species that has been considered adapted to the disturbance. This research will explore how the population structure changes among three types of habitats: edge, forest and pasture. Eleven blocks were placed in Piemontano forests of western Ecuador. Each block had three transects, one in each type of habitat. Relative abundance, sex ratio, age ratio, and body condition of individuals were analyzed. The type of habitat influenced all variables, except for body condition. The results indicated that edge is the habitat with better conditions for the species.

Keywords: *Generalist Species, Craugastoridae, Disturbed Habitats, Edge, Neotropic.*



Boris Adrián Tinoco Molina.
Thesis Director



Antonio Manuel Crespo Ampudia.
School Director



Karla Daniela Neira Salamea.



Amanda Belén Quezada Riera.

Authors



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Neira Salamea Karla Daniela, Quezada Riera Amanda Belén

Trabajo de Graduación

Tinoco Molina Boris Adrián, Ph.D

Febrero 2017

**ESTRUCTURA ESPACIAL DE POBLACIONES DE *Pristimantis achatinus* EN
BOSQUE PIEMONTANO OCCIDENTAL DE LOS ANDES**

INTRODUCCIÓN

El estudio de especies generalistas puede ayudar a entender los cambios demográficos de poblaciones en ambientes disturbados (Levinton, 1970; Gray, 1989). Estas especies, en muchos casos comunes (Gray, 1989) y tolerantes (Welsh, 2008), pueden mostrar patrones que nos permitan aclarar los efectos del disturbio sobre las comunidades. La exploración de estos efectos es importante en los Andes Tropicales (Josse et al., 2011), en donde la degradación y fragmentación de los bosques con fines principalmente agrícolas, significa una amenaza a la biodiversidad (Bustamante et al., 2005). En este contexto, el estudio demográfico de especies generalistas de anfibios podría ser interesante, debido a sus respuestas a cambios en factores ecológicos y medioambientales (Greenberg, 2001). Desafortunadamente, la información sobre demografía y ecología de anfibios es difícil de obtener (Bosch, 2003); por tanto, estudios sobre las repuestas de este grupo a la pérdida de hábitat y fragmentación son aún escasos (Bowne & Bowers, 2004). En general, los anfibios son un grupo vulnerable a las modificaciones en sus ecosistemas debido a varias condiciones que los vuelven sensibles, por ejemplo: respiración pulmocutánea y desarrollo bifásico, presente en mayoría de especies (Alford & Richards, 1999). Además, muchos son especialistas a condiciones ambientales específicas (Blaustein et al., 1994; Marsh & Pearman, 1997) y algunos tienen habilidades reducidas de dispersión (Sinsch, 1990; Marsh & Pearman, 1997).

En los últimos tiempos se ha evidenciado que procesos como la deforestación y la fragmentación del hábitat afectan la dinámica de las poblaciones de anfibios; (Toft, 1985; Vargas & Castro, 1999; García et al., 2005; Laurence, 2008). Existe evidencia de que la simple presencia de una especie en determinado tipo de hábitat puede en muchos casos no significar que la población pueda sostenerse en el tiempo o que evidencie un hábitat de buena calidad (Van Horne, 1983, Welsh, 2008). Pues, podrían existir poblaciones que se sostengan únicamente por la inmigración de individuos de poblaciones cercanas (Welsh, 2008). Además, las poblaciones pueden no responder inmediatamente a los cambios en el hábitat; las respuestas podrían darse después de meses o años de la alteración de este (Todd & Rothermel, 2006). Por lo tanto, explicar los efectos de alteraciones al hábitat únicamente con el estudio de la presencia o abundancia de la especie, podrían subestimar los efectos del disturbio en las poblaciones (Todd & Rothermel, 2006). Es por ello, que la incorporación de otros parámetros, como la proporción de sexos, la proporción de edades y la condición corporal es importante. Pues, nos permitiría entender mejor, los efectos de la alteración del hábitat y la probabilidad de que las poblaciones en áreas alteradas se mantengan viables a largo plazo (Graves, 1997; Stevenson & Woods, 2006; Welsh, 2008).

La proporción de edades está relacionada con la productividad en una población (Graves, 1997). La productividad, definida como la proporción de individuos juveniles en una población (Graves, 1997; Peach et al., 1996), puede indicar un hábitat de buena calidad. Pues, las hembras podrían estar seleccionando sitios de ovoposición con condiciones que permitan el desarrollo de los juveniles (Rincón-Franco & Castro, 1998). Por otro lado, la proporción de sexos, según la estrategia reproductiva de cada especie, puede ser un indicador de calidad de hábitat. Por ejemplo, especies en las que los machos compiten por las hembras, una proporción ligeramente mayor de machos podría permitir que la hembra seleccione al individuo con mejores condiciones, esto aumenta la probabilidad de reproducción de todos los individuos de una población (Janetos, 1980). Finalmente, la condición corporal es un indicador del estado energético de los individuos (Schulte-Hostedde et al., 2005). Se sabe que en muchos de los casos un individuo en buen estado energético muestra mejor salud, resistencia y probabilidad de supervivencia que individuos en mal

estado energético (Jakov et al., 1996). La condición corporal puede tomarse en cuenta también como un indicador del estado salud de las poblaciones, pues mejores condiciones corporales de los individuos, eventualmente evidencian altos niveles de supervivencia y altas probabilidades de reproducción de los individuos de una población (Schulte-Hostedde et al., 2005; Welsh et al., 2008). La condición corporal de los individuos de una población puede estar relacionada con las características del hábitat, como por ejemplo la disponibilidad de alimento (Schulte-Hostedde et al., 2005; Welsh et al., 2008).

El género *Pristimantis* Jiménez de la Espada, 1870 de la familia Craugastoridae es un grupo interesante para estudiar procesos demográficos de los anfibios (Hernández, 2012). *Pristimantis achatinus* Boulenger, 1898 ha logrado colonizar hábitats con diversas características (Camacho et al., 2012); mostrando densidades más altas en zonas disturbadas y de borde que en áreas de bosque (Lynch & Duellman, 1997). Es considerada por esto, una especie tolerante (Camacho et al., 2012). Sin embargo, no se han estudiado variables demográficas que nos permitan tener un mejor conocimiento sobre el estado real de las poblaciones.

En esta investigación comparamos los parámetros de estructura poblacional de *P. achatinus*, abundancia, proporción de sexos, proporción de edades y condición corporal en zonas de bosque, borde y pastizal en dos lugares en las estribaciones occidentales de los Andes en el sur del Ecuador, con el fin de determinar si existen efectos del tipo de hábitat sobre las poblaciones de estos anfibios.

CAPÍTULO 1

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en dos lugares en el suroeste de la Cordillera de los Andes; en la Reserva Ecológica Buenaventura, cantón Piñas, provincia de El Oro (3°39' S, 79°45' O) y en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Ocaña, en la parroquia San Antonio de Paguancay, cantón Cañar, provincia de Cañar (2°28' S, 79°12' O). Las formaciones vegetales de estos lugares, corresponden a ecosistemas distintos según la clasificación del Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013): Bosque siempreverde estacional piemontano de la Cordillera Occidental de los Andes, en Cañar; y Bosque siempreverde piemontano del Catamayo-Alamor en El Oro. La zona de Buenaventura tiene un rango altitudinal de 550 a 1 000 m s.n.m., con una precipitación anual de 1100 mm y la temperatura oscila entre los 11 a 25 °C (GAD Piñas, 2013). La zona de Ocaña está entre los 400 a 1400 m s.n.m., la precipitación anual va de 900 a 1100 mm y la temperatura oscila entre 17 a 25 °C (GAD San Antonio, 2015) (Figura 1.1). El paisaje de las zonas es heterogéneo, existen zonas de bosque nativo y también áreas alteradas por actividades ganaderas, en donde la vegetación originaria ha sido reemplazada por pastos.

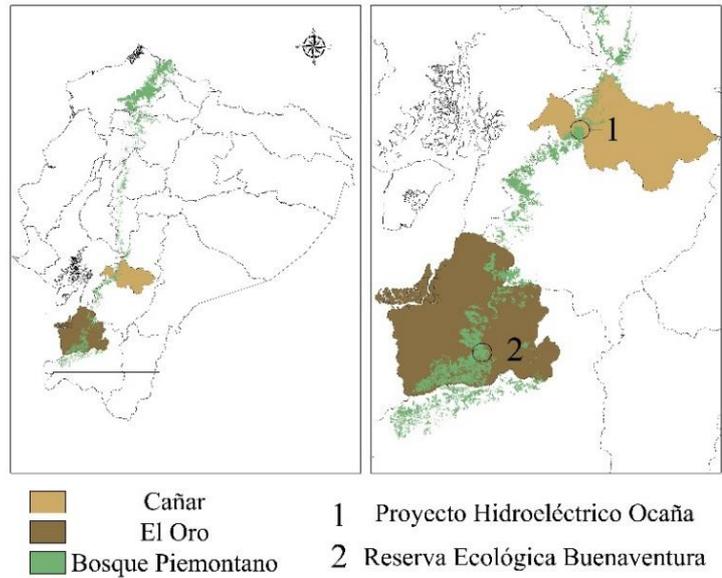


Figura 1.1 Mapa del Área de estudio. Área de influencia del proyecto hidroeléctrico Ocaña, Cañar- Ecuador; Reserva Buenaventura, Piñas, El Oro-Ecuador.

Especie en estudio

P. achatinus es un anuro de desarrollo directo del clado Terrarana, perteneciente a la familia Craugastoridae (Figura 1.2). Es una especie de hábitos nocturnos y abunda en bordes de bosque y zonas perturbadas como potreros y plantaciones agrícolas (Vargas & Bolaños, 1999).



Figura 1.2 Fotografías de ejemplares capturados de *P. achatinus*.

Según la descripción morfológica de la especie realizada por Lynch y Duellman (1997), la piel es finamente granulada con pliegues dorsolaterales granulares bajos y vientre liso; el rostro subacuminado visto dorsalmente y redondeado visto de perfil; los machos presentan hendiduras vocales. Su coloración es variada con tonalidades naranja, café, verde, rojo, amarillo, gris y crema (Palacio et al., 2006). En el dorso presentan marcas en forma de v-invertida; el vientre es blanco con manchas color gris en la garganta y pecho (Palacio et al., 2006). Se distribuye desde el extremo oriental de Panamá hasta el sur occidente de Ecuador en la provincia de El Oro (Ruíz-Carranza et al., 1996).

La principal amenaza para la especie es la exposición a plaguicidas debido a su presencia en plantaciones (Rojas, et al., 2013). Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, *P. achatinus* está en la categoría de Preocupación Menor (LC), debido a su alta abundancia, amplia distribución geográfica y tolerancia a diferentes tipos de hábitat (Taran et al., 2010).

Diseño de la investigación

Planteamos la investigación a través de un diseño de bloques. Cada bloque estuvo conformado por una zona con hábitat de bosque nativo, un borde de bosque y un pastizal (Figura 1.3). Colocamos 11 bloques; 5 en la provincia de Cañar y 6 en la provincia de El Oro. Las zonas de bosque nativo tuvieron una cobertura vegetal original, con una espesa cobertura de dosel (80-100%) que alcanza los 20-25 m de altura. Las zonas de borde de bosque representan la franja de transición entre bosque y pastizal, y se caracterizan por la presencia intercalada de vegetación arbustiva y herbácea; donde la cobertura del dosel fue poco densa (<50%) e irregular. En las zonas de pastizal la vegetación original había sido completa o parcialmente removida para dar paso a pasturas que no superaron 1.5 m de altura.

En los tres tipos de hábitat (Anexo 1), en cada bloque trazamos un transecto de banda estrecha con una longitud de 100 m de largo por 2 m de ancho (Rodríguez et al.,

2006). Esta es una metodología común en estudios de anfibios, útil para investigar especies con habilidades de dispersión limitadas (Rodríguez et al., 2006; Celi & Posse 2015). Para garantizar independencia en los muestreos establecimos una distancia de 250 m entre transectos y mínimo 500 m entre bloques (Rodríguez et al., 2006), las cuales medimos con flexómetros y GPS respectivamente. Realizamos una visita única en cada transecto entre los meses de mayo y julio de 2016. En cada noche muestreamos entre uno y dos transectos y alternamos los horarios de visita entre los distintos tipos de hábitat. En esta investigación decidimos dar prioridad a las réplicas espaciales de cada tipo de hábitat, en lugar de realizar repeticiones temporales en los mismos transectos; y de esta manera, dar más representación espacial a los resultados.

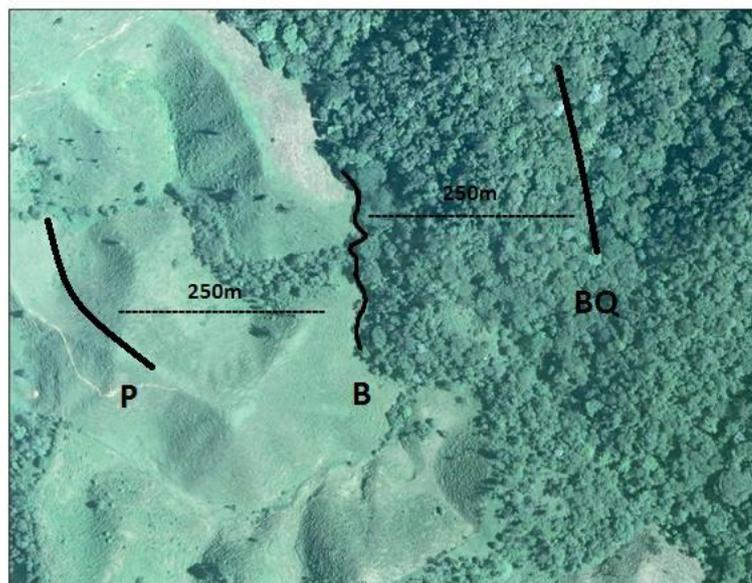


Figura 1.3 Diseño de la investigación. Esquema de un bloque, en donde las líneas negras representan transectos de 100 m por 2 m en cada tipo de hábitat P (pastizal), B (borde) y BQ (bosque) y la línea entrecortada representa la distancia lineal entre transectos.

Muestreo de anfibios

Para reducir el error que podría provocar diferencias en la probabilidad de detección entre individuos y hábitats, se realizaron muestreos con doble observador en cada

transecto (Jiménez et al., 2015; Nichols et al., 2000). Cada transecto fue muestreado por 90 minutos, desde el suelo a todos los estratos de vegetación, hasta los 2 metros de altura. Todos los muestreos fueron conducidos de 19:00 a 23:00.

Todos los individuos detectados fueron capturados y colocados en una bolsa plástica con un código de campo único. La identificación taxonómica se realizó en base a las características dadas por Lynch & Duellman (1997). El sexo de los individuos fue diferenciado por la presencia de sacos vocales en machos (Lynch & Duellman, 1997) (Anexo 2). Adicionalmente, para diferenciar adecuadamente entre juveniles, hembras adultas y machos adultos, se obtuvieron medidas de la longitud rostro–cloacal (LRC) de 61 especímenes de *P. achatinus*, de la colección de Herpetología del Museo de Zoología de la Universidad del Azuay.

Tomamos el peso de los individuos con una balanza digital y la longitud rostro–cloacal (LRC) fue medida tres veces con un calibrador digital al 0.1mm más cercano; usamos el promedio de estas tres medidas como el valor de cada carácter para cada individuo. Finalmente, obtuvimos la condición corporal de cada individuo adulto tomando en cuenta las medidas de peso y la longitud rostro cloacal (LRC) (Schulte-Hostedde et al., 2005; Welsh et al., 2008) (Anexo 3). Para el análisis de la Condición Corporal de los individuos utilizamos la fórmula propuesta por Schulte-Hostedde et al. (2005) y empleada por Welsh et al. (2008):

$$\log(\text{masa corporal}) = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{LRC}) + \delta$$

En donde β_0 y β_1 son constantes que representan la intersección y la pendiente de la recta de regresión, y δ es el residual con mediana igual a cero (Welsh et al., 2008). El índice de Condición Corporal corresponde a los residuos de esta regresión (δ) (Welsh et al., 2008). Residuos positivos representan individuos con mejor condición corporal que aquellos con residuos negativos (Jakov et al., 1996); la condición corporal se calculó para hembras y machos independientemente.

Análisis de datos

Las diferencias de abundancias relativas, proporción de sexos y proporción de edades de *P. achatinus* entre los distintos tipos de hábitat fueron evaluadas por Modelos Lineales Generalizados (GLM) (Nelder & Baker, 1972) con estructura de error de Poisson para abundancia relativa y estructura de error Binomial para proporciones de edades y sexos. Usamos como variable de respuesta el total de individuos capturados, para el análisis de abundancia relativa; el total de individuos juveniles para el análisis de proporción de edades; y el total de machos adultos para el análisis de proporción de sexos; el tipo de hábitat como factor predictivo en todos los casos. Puesto que los transectos estaban localizados por un diseño de bloques, incluimos el bloque como factor predictivo en el modelo. No incluimos las localidades (Ocaña y Buenaventura) dentro de los modelos, pues el interés de la investigación no fue el efecto de la localidad; sin embargo, una exploración estadística previa indicó que no existe efecto de la localidad en los resultados. Utilizamos Likelihood Ratio Test para comparar nuestros modelos con modelos nulos, que no contemplan las variables de hábitat y bloque. Y evaluamos la existencia de diferencias significativas en la abundancia relativa, proporciones de machos-hembras y proporciones de adultos-juveniles entre grupos de hábitat por medio del test pos hoc de Tukey (Hothorn et al., 2009).

Para evaluar diferencias del Índice de Condición Corporal de individuos entre los distintos tipos de hábitat se realizó el test ANOVA para hembras y el test no paramétrico Kruskal-Wallis para machos (McDonald, 2014), ya que la distribución de los datos no fue normal. Además, incluimos un análisis de covarianza (ANCOVA) propuesto por García-Berthou (2001) y Kroll (2009), en el cual se exploró directamente las relaciones entre longitud rostro– cloacal (LRC) y peso de los individuos.

Todos los modelos y análisis se construyeron en el software R (R Core Team, 2013); para el uso de la prueba Tukey se implementó el paquete de R multcomp (Hothorn et al., 2009).

CAPÍTULO 2

RESULTADOS

Abundancia relativa

En total se registró 344 individuos de *P. achatinus*. La abundancia estuvo influenciada por el tipo de hábitat ($df=2$, $p=0.003$, $R^2=0.540$) y mostró una tendencia a ser mayor en borde, comparado al bosque y pasto (Figura 2.1). Las medias de abundancia relativa esperadas en transectos de 100 x 2m, según los resultados del modelo son para bosque 10.883 individuos, para borde 15.069 y para pastizal 10.046.

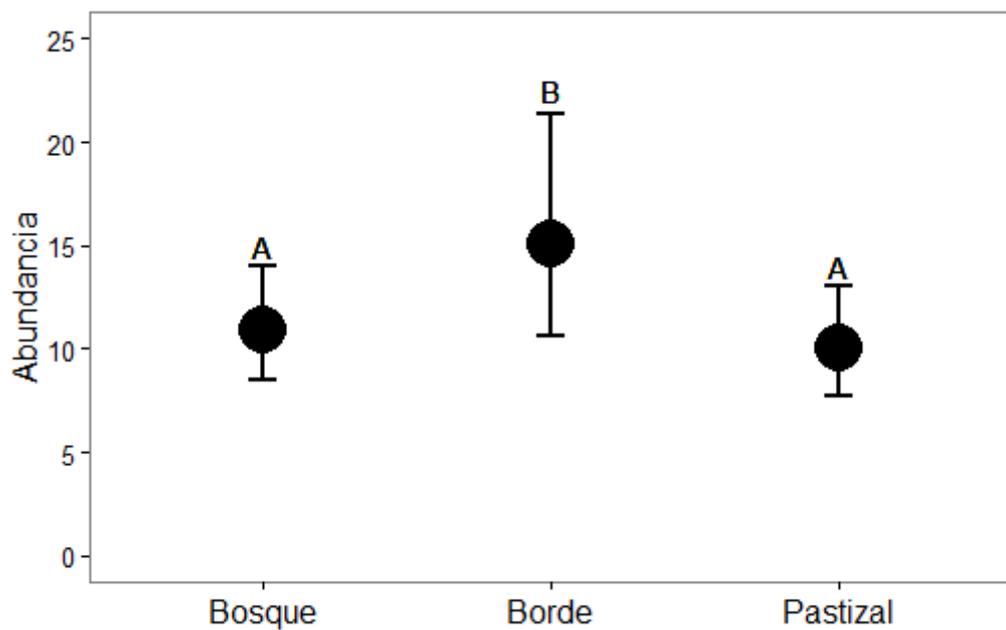


Figura 2.1 Comparación de la abundancia relativa de *P. achatinus* entre diferentes tipos de hábitat en bosque piemontano occidental de los Andes, según los resultados del modelo GLM. Cambios de letra indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tipos de hábitat basadas en el test de Tukey.

Proporción de edades

De las capturas, 170 individuos fueron juveniles y 174 fueron adultos. La proporción de edades de la población de *P. achatinus* estuvo influenciada por el tipo de hábitat ($df = 2$, $p = 0.005$ $R^2 = 0.546$) (Figura 2.2). Al comparar las proporciones de adultos – juveniles entre cada tipo de hábitat, la única diferencia significativa fue entre el pastizal y el bosque. Las proporciones de juveniles según los resultados del modelo tienden a ser mayores en borde 0.545, seguidas por bosque 0.463 y pastizal 0.293.

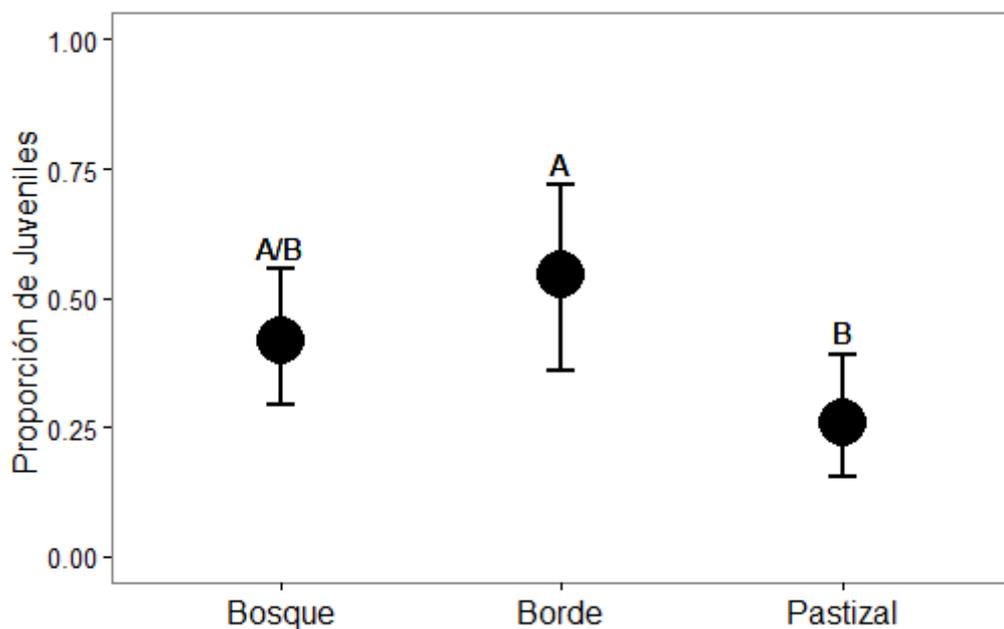


Figura 2.2 Comparación de proporciones de juveniles de *P. achatinus* en los distintos tipos de hábitat en bosque piemontano occidental de los Andes, según los resultados del modelo GLM. Cambios de letra indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tipos de hábitat basadas en el test de Tukey.

Proporción de sexos

De las capturas, 174 individuos fueron adultos; 83 machos y 91 hembras. La proporción de sexos de la población de *P. achatinus* estuvo influenciada por el tipo de hábitat ($df = 2$, $p = 0.031$ $R^2 = 0.357$) (Figura 2.3); encontrándose diferencias significativas entre bosque y borde, y entre bosque y pastizal. Las proporciones de

machos tienden a ser más altas en el pastizal 0.813, en relación al borde 0.743 y al bosque 0.471.

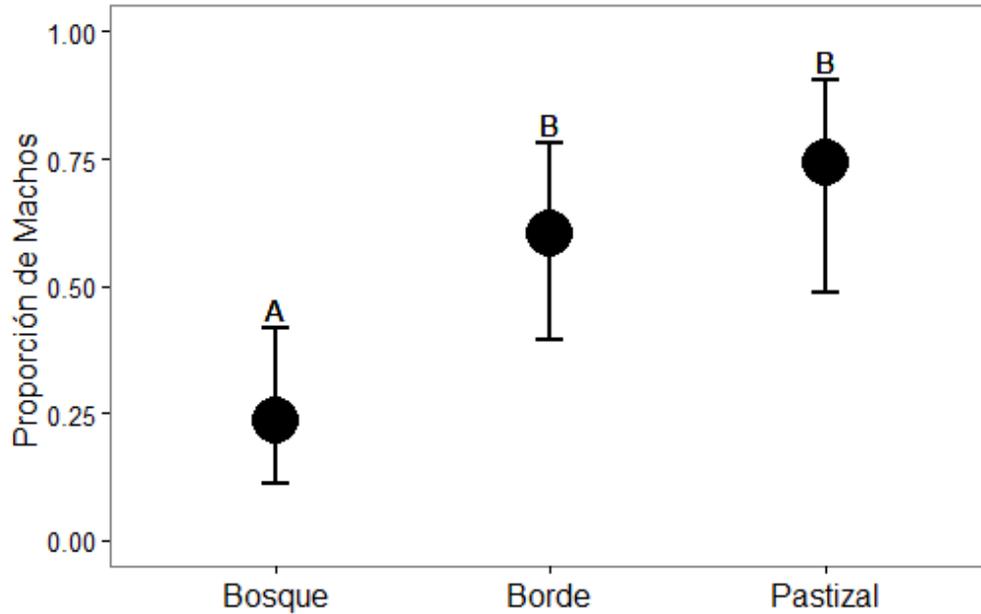


Figura 2.3 Comparación de proporciones de machos de *P. achatinus* en los distintos tipos de hábitat en bosque piemontano occidental de los Andes, según los resultados del modelo GLM. Cambios de letra indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tipos de hábitat basadas en el test de Tukey.

Condición corporal

No encontramos efectos del tipo de hábitat sobre la condición corporal de hembras y machos (hembras $F=0.026$, $df=2$, $p = 0.184$; machos $df=2$, $p= 0.481$), lo cual coincide con los resultados de ANCOVA $p > 0,05$ en ambos casos.

CAPÍTULO 3

DISCUSIONES

Para conocer los patrones de cambio, y probabilidades de persistencia de una población, es importante el estudio de su demografía (Tinoco, 2014). En esta investigación contribuimos con un análisis de la estructura de poblaciones de *P. achatinus*, en distintos tipos de hábitat: bosque, borde y pastizal en las estribaciones sur occidentales de los Andes. Con nuestros resultados se observa que el borde es el hábitat con mejores condiciones para la especie, pues es ahí en donde la abundancia relativa tiende a ser mayor, la proporción de sexos es la más favorable para la especie y existe mayor proporción de juveniles. Nuestros resultados indican que *P. achatinus* habría logrado aprovechar las condiciones de borde creadas por la fragmentación de los bosques.

La abundancia relativa, en diagnósticos poblacionales, generalmente sugiere una correlación positiva entre abundancia y calidad de hábitat (Denoël & Lehmann, 2006). Esto nos permite pensar que en el presente estudio, el borde es el hábitat que más recursos provee para el mantenimiento de altas abundancias de *P. achatinus*. Sin embargo, la abundancia relativa por sí sola, puede reflejar únicamente condiciones temporales de las poblaciones, es por ello que según varios estudios es necesario tomar en cuenta otras métricas poblacionales (Van Horne, 1983).

Nuestros resultados indican que el hábitat con mayor productividad es el hábitat de borde (Peach et al., 1996; Graves, 1997). Los hábitats de borde pueden ofrecer alta disponibilidad de alimentos y sitios de forrajeo, lo que puede influir a que las hembras elijan estas áreas para la ovoposición (Rincón-Franco & Castro, 1998). Esto indicaría que los bordes serían un hábitat de buena calidad para *P. achatinus*. Por otro lado, debido a las bajas proporciones de juveniles en el hábitat pastizal se podría pensar que las poblaciones no serían viables en el tiempo. Lo cual podría deberse a

condiciones ambientales extremas en sitios abiertos, como la excesiva radiación UV que provoca desecación de los huevos (de Sá, 2005) y la presencia de pesticidas (Rojas, et al., 2013).

Las proporciones de sexos de *P. achatinus* en el hábitat borde serían las más favorables para la población. Según los resultados obtenidos, en el borde hay una proporción de 2,8 machos por cada hembra. Esto sería conveniente según las estrategias reproductivas de la especie, que se basa en la respuesta de las hembras a la competencia de los machos a través de cantos (Rojas et al., 2013). Después de que la hembra ha elegido a su pareja potencial, se da el apareamiento en forma de amplexus axilar, el cual dura varias horas (Rojas et al., 2013; Vitt & Caldwell, 2013). Estudios realizados con otras especies de ranas terrestres, han encontrado que el macho con el cual se realiza el amplexus es el único que fecunda toda la puesta de huevos (Townsend & Stewart, 1986) y que el amplexus prolongado necesita un largo contacto para provocar la ovulación (Bourne, 1997; Townsend & Stewart, 1986). La ovulación retardada en *Pristimantis*, ha sido explicada como una estrategia de la hembra para interrumpir el amplexus, dejar el sitio de apareamiento, e ir en búsqueda de otro macho (Townsend & Stewart, 1986). Esto indicaría que la población se beneficiaría con una proporción mayor de machos, pues, esto permitiría que la hembra tenga varias opciones para elegir pareja, como ocurriría en el borde. Por otro lado, cuando las densidades de machos tienden a aumentar, como podría ocurrir en el pastizal, donde hay una proporción de 4,2 machos por cada hembra; la supervivencia de los individuos podría disminuir debido a competencia con agresión (Ovaska & Hunte, 1992). Además, varios machos podrían no tener la posibilidad de conseguir una hembra para fecundar sus huevos.

El índice de Condición Corporal no tuvo diferencias en individuos entre los distintos tipos de hábitat, lo cual no nos permite llegar a conclusiones sobre el efecto del tipo de hábitat en el fitness de los individuos. Suponemos que esto se debe a la escala en la que se realizaron las mediciones. Probablemente con mediciones a una escala más exacta de peso y longitud rostro-cloacal, pudieran haber mostrado variaciones.

Según los resultados obtenidos podemos suponer que existe una relación favorable entre las características propias de la especie y las del borde, lo que indicaría que este es un hábitat de buena calidad para la especie. *P. achatinus* no tiene requerimientos de dieta específicos (Rojas, et al., 2013); según lo analizado por Hoyos-Hoyos et al. (2012), se han encontrado 15 tipos distintos de artrópodos, principalmente coleópteros e himenópteros. Al tener una dieta generalista en cuanto a insectos, *P. achatinus* puede beneficiarse de zonas donde existe mayor disponibilidad de presas, como los bordes, que presentan altas abundancias de artrópodos (Arroyo et al., 2008; Molnar et al., 2001; Schlaepfer & Gavin, 2001). Por otro lado, *P. achatinus*, no es específica en la selección del espacio (Rojas, et al., 2013), es una especie de desarrollo directo; según esta condición, no requiere de cuerpos de agua para depositar los huevos (Páez et al., 2002; Rojas et al., 2013), sino que los depositan directamente en el suelo (Duellman, 1992). Esto les da una ventaja adaptativa para explorar diversos ambientes (Duellman, 1992). Además, migra verticalmente desde el suelo hasta los 1,50m (Rojas et al., 2013) e incluso a alturas superiores como las encontradas en el presente estudio (1,70m). Por ello, las zonas de borde en donde la heterogeneidad de estratos vegetales propicia nuevos microhábitats (Fox et al., 1997; Vargas & Castro, 1999) pueden ser aprovechadas por *P. achatinus*. Otra característica que permite a *P. achatinus* aprovechar las condiciones de la zona borde es su hábito nocturno (Camacho et al., 2012). Como Daily y Ehrlich (1996) sugieren, las condiciones abióticas nocturnas son relativamente homogéneas a lo largo del paisaje; esto quiere decir, que cambios en características ambientales, como temperatura, humedad y la exposición a radiación UV, son moderados en la noche. Esto tiene concordancia con los resultados encontrados por Schlaepfer & Gavin (2001), según los cuales las especies de *Eleutherodactylus* –actualmente *Pristimantis*– nocturnas, al contrario de las diurnas, están distribuidas más equitativamente entre borde e interior del bosque.

La presente investigación es un estudio exploratorio de la estructura poblacional de *P. achatinus*. El estudio de la demografía de la especie, podría extenderse hacia análisis temporales como probabilidad de supervivencia y migración. Y análisis etológicos como competencia interespecífica, sitios de ovoposición y forrajeo.

Consideramos importante tomar en cuenta el análisis de estructuras de poblaciones para evaluar el estado de las mismas. *P. achatinus* ha sido considerada una especie adaptada al disturbio, encontrándose en áreas como potreros y plantaciones (Rojas et al., 2013). Sin embargo, a pesar de tener características que le permiten aprovechar las condiciones de ambientes disturbados; en el pastizal, las abundancias tienden a ser bajas, las proporciones de machos muy altas y las proporciones de juveniles muy bajas, lo cual indica que las poblaciones no serían capaces de sostenerse en el tiempo. Podemos concluir entonces que sus poblaciones no serían viables sin la existencia de remanentes de bosque y sus bordes. Hemos encontrado que el cambio de uso del suelo afecta incluso a las especies consideradas tolerantes al disturbio. Entonces, ¿cuál será el estado de las poblaciones de especies con requerimientos específicos?

BIBLIOGRAFÍA

- Alford, R. A., & Richards, S. J. (1999). Global Amphibian declines: A problem in applied ecology. *Annual review of Ecology and Systematics*, 30, 133-65.
- Arroyo, S. B., Serrano-Cardozo, V. H., & Ramírez-Pinilla, M. P. (2008). Diet, microhabitat and time of activity in a *Pristimantis* (Anura, Strabomantidae) assemblage. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 7(2), 109-119.
- Blaustein, A. R., Wake, D. B., & Sousa, W. P. (1994). Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology*, 8, 60-71.
- Bosch, J. (2003). Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes. *Munibe*, 16, 56-73.
- Bourne, G. R. (1997). Reproductive behavior of terrestrial breeding frogs *Eleutherodactylus johnstonei* in Guyana. *Journal of Herpetology*, 221-229.
- Bowne, D. R., & Bowers, M. A. (2004). Interpatch movements in spatially structured populations: a literature review. *Landscape ecology*, 19(1), 1-20.
- 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.
- Camacho-Badani, T., Páez-Rosales, N., Frenkel, C., Varela-Jaramillo, A., Ron, S.R. & Pazmiño-Armijos, G. (2012). *Pristimantis achatinus*. En: Ron, S. R., Guayasamín, J. M., Yáñez-Muñoz, M. H., Merino-Viteri, A., Ortiz, D. A. y Nicolalde, D. A. 2016. AmphibiaWebEcuador. Versión 2016.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <<http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/anfibios/FichaEspecie.aspx?Id=1363>>, acceso septiembre 27, 2016.
- Celi, Elvis., & Posse, Valentina. (2015). El efecto de borde entre bosque montano y páramo en la comunidad de anfibios en los Andes Sur del Ecuador. Facultad de Ciencia y Tecnología-Escuela de Biología, Ecología y Gestión.

Daily, G. C., & Ehrlich, P. R. (1996). Nocturnality and species survival. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(21), 11709-11712.

de Sá, R. O. (2005). Crisis global de biodiversidad: importancia de la diversidad genética y la extinción de anfibios. *Agrociencia*, 9(1-2), 513-522.

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.

DeSanté, D. F. (1995) Suggestions for future directions for studies of marked migratory birds from the perspective of a practitioner in population management and conservation. *Journal of Applied Statistics*, 22, 949-965.

Duellman, W. (1992). Estrategias reproductoras de las ranas. *Investigación y Ciencia*, (192), 54-61.

Fox, B. J., Taylor, J. E., Fox, M. D., & Williams, C. (1997). Vegetation changes across edges of rainforest remnants. *Biological Conservation*, 82(1), 1-13.

García-Berthou, E. (2001). On the misuse of residuals in ecology: testing regression residuals vs. the analysis of covariance. *Journal of Animal Ecology*, 70(4), 708-711.

García-R, J. C., Castro-H, F., & Cárdenas-H. H. (2005). Relación entre la distribución de anuros y variables del hábitat en el sector la Romelia del Parque Nacional Natural Munchique (Cauca, Colombia). *Caldasia*, 27(2), 299-310.

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Piñas. (2013). Cantón Piñas. *Revista turística del Cantón Piñas*, 40-43.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de San Antonio (2015). Plan de Ordenamiento Territorial.

Grant, T., Morales, M., Solís, F., Ibáñez, R., Jaramillo, C., & Fuenmayor, Q. (2010). *Pristimantis achatinus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T56390A11460522.

Graves, G. R. (1997). Geographic clines of age ratios of black-throated blue warblers (*Dendroica caerulescens*). *Ecology*, 78(8), 2524-2531.

- Gray, J. S. (1989). Effects of environmental stress on species rich assemblages. *Biological Journal of the Linnean Society*, 37(1-2), 19-32.
- Greenberg, C. H. (2001). Response of reptile and amphibian communities to canopy gaps created by wind disturbance in the southern Appalachians. *Forest Ecology and Management*, 148(1), 135-144.
- Hernández, S. (2012). Estructura y estado de conservación de las ranas *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) en el bosque protector Mirador de las Golondrinas provincia del Carchi, Ecuador. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Ciencias Biológicas. Quito-Ecuador.
- Hothorn, T., Bretz, F., Westfall, P., & Heiberger, R. M. (2009). multcomp: Simultaneous Inference for General Linear Hypotheses. URL <http://CRAN.R-project.org/package=multcomp>, R package version:1-0.
- Hoyos-Hoyos, J. M., Isaacs-Cubides, P., Devia, N., Galindo-Urbe, D. M., & Acosta-Galvis, A. R. (2012). An approach to the ecology of the herpetofauna in agroecosystems of the Colombian coffee zone. *South American Journal of Herpetology*, 7, 25-34.
- Janetos, A. C. (1980). Strategies of female mate choice: a theoretical analysis. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 7(2), 107-112.
- Jakob, E.M., Marshall, S.D., & Uetz, G.W. (1996). Estimating fitness: a comparison of body-condition indices. *Oikos*, 77, 61-67.
- Jiménez, J., Moreno-Opo, R., Carrasco, M., & Feliu, J. (2015). Estimating the Abundance and Habitat Selection of Conservation Priority Marsh-Dwelling Passerines with a Double-Observer Approach. *Ardeola*, 62(2), 269-281.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Becerra, M. T., Cabrera, E., & Tovar, A. (2011). Physical geography and ecosystems in the tropical Andes. SK Herzog, R. Martínez, PM Jørgensen y H. Tiessen (comps.), *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. São José dos Campos y París: Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente.

- Kroll, A. J., Runge, J. P., & MacCracken, J. G. (2009). Unreliable amphibian population metrics may obfuscate more than they reveal. *Biological conservation*, 142(11), 2802-2806.
- Laurance, W. F. (2008). Theory meets reality: how habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological conservation*, 141(7), 1731-1744.
- Levinton, J. S. (1970). The paleoecological significance of opportunistic species. *Lethaia*, 3(1), 69-78.
- Lynch, J., & Duellman, W. (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.
- Marsh, D. M., & Pearman, P. B. (1997). Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of Leptodactylid frogs in an Andean montane forest. *Conservation Biology*, 11(6), 1323-1328.
- McDonald, J. H. (2014). Handbook of Biological Statistics (3rd ed.). Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland, 157-164
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Molnar, T., Magura, T., Tothmeresz, B., & Zoltan, E. (2001). Ground beetles (Carabidae) and edge effect in oak-hornbeam forest and grassland transects. *European Journal of Soil Biology*, 37, 297-300.
- Nelder, J. A., & Baker, R. J. (1972). Generalized linear models. *Encyclopedia of statistical sciences*, 135, 370-384.
- Nichols, J. D., Hines, J. E., Sauer, J. R., Fallon, F. W., Fallon, J. E., & Heglund, P. J. (2000). A double-observer approach for estimating detection probability and abundance from point counts. *The Auk*, 117(2), 393-408.
- Ovaska, K., & Hunte, W. (1992). Male mating behavior of the frog *Eleutherodactylus johnstonei* (Leptodactylidae) in Barbados, West Indies. *Herpetologica*, 48(1), 40-49.

- Páez, V. P., Bock, B. C., Estrada, J. J., Ortega, A. M., Daza, J. M., & Gutiérrez-C, P. D. (2002). Guía de campo de algunas especies de anfibios y reptiles de Antioquía. Colciencias, Universidad de Antioquía y Universidad Nacional sede Medellín, 136.
- Palacio Baena, J. A., Escobar, M., Delgado, E. M. G., Correa, S. M. R., & Baena, M. J. A. P. (2006). Anfibios y reptiles del Valle de Aburrá (No. Doc. 22387) CO-BAC, Bogotá).
- Peach, W. J., Buckland, S. T., & Baillie, S. R. (1996). The use of constant effort mist-netting to measure between-year changes in the abundance and productivity of common passerines. *Bird Study*, 43(2), 142-156.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rincón-Franco, F., & Castro-H, F. (1998). Aspectos ecológicos de una comunidad de *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) en un bosque de niebla del Occidente de Colombia. *Caldasia*, 20(2), 193-202.
- Rodríguez-Mahecha, J. V., Angulo, A., Rueda-Almonacid, J. V., & La Marca, E. (2006). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. *Conservación Internacional*, 146.
- Rojas-Rivera, M.A., Gutiérrez-Cárdenas, P.D.A., & Cortés-Bedoya, S. (2013). *Pristimantis achatinus* (Boulenger 1898). *Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia*, 1, 35-44
- Ruiz-Carranza, P. M., Ardila-Robayo, M. C., & Lynch, J. D. (1996). Lista actualizada de la fauna de Amphibia de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 20(77), 365-415.
- Schlaepfer, M. A., & Gavin, T. A. (2001). Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. *Conservation Biology*, 15(4), 1079-1090.
- Schulte-Hostedde, A.I., Zinner, B., Miller, J.S., & Hickling, G.J. (2005). Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology*, 86, 155-163.
- Sinsch, U. (1990). Migration and orientation in anuran amphibians. *Ethology, Ecology & Evolution*, 2, 65-79.

Stevenson, R.D., & Woods, W.A. (2006). Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. *Integrative and Comparative Biology*, 46, 1169–1190.

Tinoco, B. 2014. Understanding the influence of habitat alteration on hummingbird species using a multi-level analysis approach. Stony Brook University. New York. USA

Todd, B. D., & Rothermel, B. B. (2006). Assessing quality of clearcut habitats for amphibians: effects on abundances versus vital rates in the southern toad (*Bufo terrestris*). *Biological Conservation*, 133(2), 178-185.

Toft, C. A. (1985). Resource partitioning in amphibians and reptiles. *Copeia*, 1-21.

Townsend, D., & Stewart, M. (1986). Courtship and Mating Behavior of a Puerto Rican Frog, *Eleutherodactylus coqui*. *Herpetologica*, 42(2), 165-170.

Van Horne, B. (1983). Density as a misleading indicator of habitat quality. *The Journal of Wildlife Management*, 47(4), 893-901.

Vargas, F., & Bolaños, M. E. (1999). Anfíbios y reptiles presentes en hábitats perturbados de selva lluviosa tropical en el bajo Anchicayá, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, 499-511.

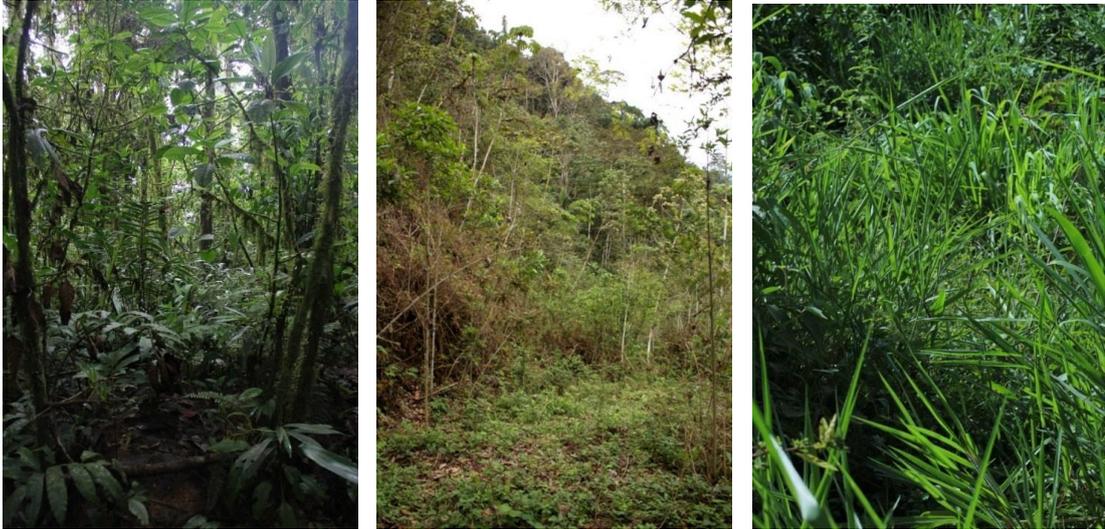
Vargas, F., & Castro, F. (1999). Distribución y preferencias de microhábitat en anuros (Amphibia) en bosque maduro y áreas perturbadas en Anchicayá, Pacífico Colombiano. *Caldasia*, 21(1), 95-109.

Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2013). Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. *Academic Press*, 495.

Welsh, H. H., Pope, K. L., & Wheeler, C. A. (2008). Using multiple metrics to assess the effects of forest succession on population status: a comparative study of two terrestrial salamanders in the US Pacific Northwest. *Biological Conservation*, 141, 1149–1160.

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de los tipos de hábitat



Fotografías referencia de los tipos de hábitat en donde se realizó el estudio de izquierda a derecha se muestra: bosque, borde y pastizal.

Anexo 2. Fotografía de sacos vocales en machos de *P. achatinus*.



Fotografía de sacos vocales en machos capturados en la fase de campo, lo que permitió una fácil identificación de ejemplares de machos adultos.

Anexo 3. Fotografía de la metodología utilizada.



Fotografía de la metodología utilizada para medir y pesar a los individuos de *P. achatinus*.