

## Influencia de algunas variables ambientales sobre la abundancia relativa y características corporales de la rana de lluvia *Pristimantis renjiform* (Lynch, 2000) en Cundinamarca, Colombia

### Influence of some environmental variables on relative abundance and body characteristics of the rain frog *Pristimantis renjiform* (Lynch, 2000) in Cundinamarca, Colombia

Carlos David Pérez-Castillo<sup>1\*</sup>, Guido Fabián Medina-Rangel<sup>2</sup>

#### Resumen

En el Neotrópico las ranas *Pristimantis* presentan el mayor número de especies (494) y Colombia es la más rica (218). *Pristimantis renjiform* es endémica de Cundinamarca, categorizada En Peligro debido a su restringida distribución y poca información sobre su ecología. El presente trabajo aporta datos ecológicos, abundancia, influencia de algunas variables ambientales y características de los morfotipos de *P. renjiform* en la reserva Peñas Blancas, municipio Mesitas del Colegio, departamento de Cundinamarca, Colombia. Entre junio y diciembre de 2016, se realizaron ocho salidas de campo con esfuerzo de muestreo total de 144 horas/hombre. Se trabajó en tres franjas altitudinales entre 2205-2371 m. Se delimitaron en cada franja ocho cuadrantes de 8 x 8 m, muestreados todas las salidas al azar; en los cuadrantes se efectuaron búsquedas por encuentro visual durante 20 min cada noche. Se colectaron 102 individuos de *P. renjiform* de cinco morfotipos diferenciados por patrones de coloración. Se registró el mayor número de individuos para los morfotipo 2 y morfotipo 1. La abundancia relativa fue diferente entre franjas altitudinales ( $H_c=11,7$ ;  $p=0,0029$ ), mayor para la parte alta. En los días con lluvia se registró mayor abundancia, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $H_c=3,579$ ;  $p=0,0585$ ). La mayor abundancia relativa de *P. renjiform* se registró en días sin luz de luna, día lluvioso y gradientes altitudinales mayores. La temperatura no se relacionó con la abundancia de la especie, pero sí fue directamente proporcional a longitud de la cabeza y distancia internarinas en los morfotipos. La disminución de la abundancia relativa de la especie a lo largo de las franjas altitudinales estuvo influida de manera negativa por la temperatura, pero los factores como ausencia de luz lunar, día con lluvias y altitud determinaron positivamente la abundancia de la especie.

**Palabras clave:** Abundancia relativa, Craugastoridae, Cundinamarca, Ecología, Mesitas del Colegio, Morfotipo, Peñas Blancas.

#### Abstract

In the Neotropic *Pristimantis* frogs have the highest number of species (494) and Colombia is the richest (218). *Pristimantis renjiform* is endemic from Cundinamarca, categorized in Endangered due to its restricted distribution and little information about its ecology. The present work contributes ecological data, abundance, influence of some environmental variables and characteristics of *P. renjiform* morphotypes in the Peñas Blancas reserve, Mesitas del Colegio municipality, Cundinamarca department, Colombia. Between June and December 2016, eight field trips were made with a total sampling effort of 144 man-hours. It was worked in three altitudinal fringes between 2205-2371 m. It was delimited in each fringe eight quadrants of 8 x 8 m, sampled all random trips, in the quadrant's searches were made by visual encounter for 20 min each night. It was collected 102 individuals of *P. renjiform* of five morphotypes differentiated by color patterns. It was registered the highest number of individuals for morphotype 2 and morphotype 1.

<sup>1</sup> Universidad INCCA de Colombia, Facultad de Ingeniería, Administración y Ciencias Básicas, Grupo ECOBIT-Fundación Zoológico Santa Cruz, Grupo ENGESA, Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup> Grupo de Biodiversidad y Conservación y Grupo de Morfología y Ecología Evolutiva, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. e-mail: [guidofabianmedina@gmail.com](mailto:guidofabianmedina@gmail.com)

\* Autor de correspondencia: [cardavid192@hotmail.com](mailto:cardavid192@hotmail.com)

Fecha recepción: Febrero 16, 2018

Fecha aprobación: Mayo 10, 2018

Editor Asociado: González-Maya JF

The relative abundance was significantly different between altitudinal strips ( $H_c=11.7$ ,  $p=0.0029$ ), being higher for the upper part. In the days with rain it was registered the highest abundance, however, no statistically significant differences were found ( $H_c=3.579$ ;  $p=0.0585$ ). The highest relative abundance of *P. renjiform* it was recorded in days without moonlight, rainy day and higher altitudinal gradients. Temperature was not related with the abundance of the specie, but if it was directly proportional a length of the head and distance internarinas in the morphotypes. The decrease in the relative abundance of the species along the altitudinal fringes was influenced negatively by temperature, but factors such as absence of lunar light, day with rainfall and altitude positively determined the abundance of the species.

**Keywords:** Craugastoridae, Cundinamarca, Ecology, Mesitas del Colegio, Morphotype, Peñas Blancas, Relative abundance.

## Introducción

La Región Neotropical posee la mayor riqueza de anfibios en el mundo, con el más alto número de especies 2915 (Duellman 1988, Baillie *et al.* 2004, Frost 2019); la familia Craugastoridae con 800 y el género *Pristimantis* con 516 especies aportan los mayores valores a la riqueza de anuros (AmphibiaWeb 2019, Frost 2019). Las ranas del género *Pristimantis* poseen desarrollo directo, factor que les permite ocupar diversos hábitats; tal característica les ha permitido explotar y colonizar diversos ambientes, desde tierras bajas, pero más exitosamente zonas de media y alta montaña, lo que se refleja en las abundancias de las especies a nivel local, en zonas con buena cobertura vegetal, gran profundidad en la hojarasca, altos porcentajes de humedad y bajas temperaturas facilitando así su amplia distribución en la región (Crump 1974, Duellman 2005, Heinicke *et al.* 2007).

Colombia cuenta con alrededor de 825 especies de anfibios y actualmente del género *Pristimantis* se hallan 214 en el país (Acosta-Galvis 2019), convirtiéndolo en el más representativo en la riqueza del grupo.

La región Andina resulta ser el lugar de mayor diversidad de anuros en el país con 396 especies (Bernal y Lynch 2008). Las cordilleras Occidental y Central son las más ricas con 153 y 187 especies respectivamente, mientras que la Oriental tiene 131, pero es la que posee el más alto número de endemismos con 76 (Lynch *et al.* 1997, Bernal y Lynch 2008).

El género *Pristimantis* cuenta con un registro de 44 especies del total de especies de la cordillera Oriental (Suárez-Mayorga 1999, Arroyo *et al.* 2003, Bernal y Lynch 2008, Acosta-Galvis 2019).

La riqueza de anuros del departamento de Cundinamarca cuenta con aproximadamente 50 especies (Acosta-Galvis 2000, Acosta-Galvis 2019), cifra que está lejos de ser conocida en su totalidad actualmente, ya que se han realizado pocos inventarios y colectas, y los estudios hasta ahora se han concentrado en la sabana de Bogotá y sus alrededores, humedales, reservas regionales y parques nacionales (Rueda Almonacid 2010, Méndez-Narváez 2014), lo que hace necesario más investigación en otras zonas del departamento (noroccidental y suroriental), donde es menor la información sobre la ecología y abundancia de anfibios. Según Acosta-Galvis (2000) y Rueda Almonacid (2010), para la región del Salto del Tequendama y La Aguadita se registran 20 especies de anfibios de los citados para el departamento de Cundinamarca.

La falta de muestreos y aún más, la ausencia de estudios ecológicos de anfibios, junto con la creciente transformación del suelo a la que se ve enfrentado Cundinamarca, hacen necesario el estudio de la ecología de muchas especies que ocupan el territorio, sobre todo las endémicas, como es el caso de *Pristimantis renjiform*, de distribución limitada y en categoría de amenaza (EN), por factores como la fragmentación y degradación del hábitat a causa de la actividad antrópica (Ramírez-Pinilla *et al.* 2004), lo que puede haber provocado una disminución en sus poblaciones, limitando el estudio a otros aspectos como variaciones morfológicas y su respuesta a variables ambientales.

Además, la riqueza y abundancia de los organismos a lo largo de un gradiente altitudinal tienden a permanecer como un interesante tema biogeográfico, debido a la constante variación asociada con la altitud en la temperatura, precipitación, presión atmosférica, entre otras (Yu 1994, Cortéz-Fernández 2006, Flores-Saldaña 2008).

El presente estudio se realizó con el fin de aportar datos de ecología, abundancia y determinar características de los morfotipos de *Pristimantis renjiform* en un gradiente altitudinal de la zona norte del bosque altoandino de la reserva Peñas Blancas, municipio de Mesitas del Colegio, departamento de Cundinamarca.

## Metodología

**Área de estudio.** Los muestreos se realizaron en bosque altoandino de la zona norte de la reserva Peñas Blancas ( $4^{\circ}35'52''$  N -  $74^{\circ}27'32''$  W, datum WGS 84) (Figura 1), localizada entre los municipios de Mesitas del Colegio, San Antonio del Tequendama, Granada, Viotá, Sylvania y Tibacuy, en el departamento de Cundinamarca con altitudes entre 2100-2900 m (Cuellar-Ibáñez 2009, ABO 2015).

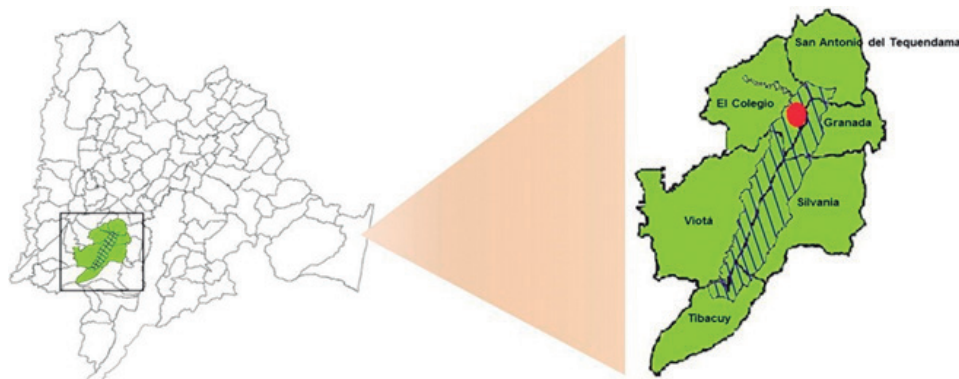
**Muestreo.** Entre los meses de junio a diciembre del año 2016, se llevaron a cabo ocho salidas de campo: (1) 02-03 julio, (2) 27-28 julio, (3) 26-27 agosto, (4) 09-10 septiembre, (5) 29-30 septiembre, (6) 15-16 octubre, (7) 12-13 noviembre, (8) 16-17 diciembre, en tres diferentes franjas altitudinales (alta 2371 m, media 2277 m y baja 2205 m). Las franjas se delimitaron según el tipo de vegetación, las condiciones del terreno y con base en el grado de exposición antrópica. La franja baja se caracteriza por una vegetación de alto y medio porte, con un terreno escarpado y un elevado grado de intervención antrópica. En la franja media la vegetación es de alto porte, con dosel cerrado, el terreno es escarpado y la intervención antrópica solo por la fragmentación de varias vías. La franja alta presenta vegetación de bajo porte, con dominancia de musgos, terreno plano y un grado de intervención antrópica muy bajo. Se realizaron recorridos nocturnos desde las

18:30 hasta las 23:00 horas, con un esfuerzo total de 144 horas/hombre para todo el estudio. En cada franja altitudinal se trazaron seis cuadrantes  $8 \times 8$  m, separados entre sí por una distancia de 20 a 25 m, donde se aplicó el método por encuentro visual cronometrado durante 15 min (Angulo *et al.* 2006).

**Identificación de datos morfométricos.** Se registraron medidas de cada individuo con un calibrador (pie de rey digital 150 mm/6" Discover); para el peso se usó una balanza (200 x 0,1 g Ranger) y se hicieron observaciones directas de los patrones de coloración de los individuos. Las variables morfológicas tomadas fueron: 1) longitud rostro-cloaca (LRC), 2) longitud del miembro posterior (LMP) (medida que combina la longitud tibia-fíbula, fémur y pie), 3) longitud del miembro anterior (LMA) (medida que combina la longitud del antebrazo-mano), 4) longitud de la cabeza (LC), 5) distancia internarinas (IN), 6) peso (P), y 7) coloraciones (Col) (Baraquet *et al.* 2012, Urbina-Cardona *et al.* 2016).

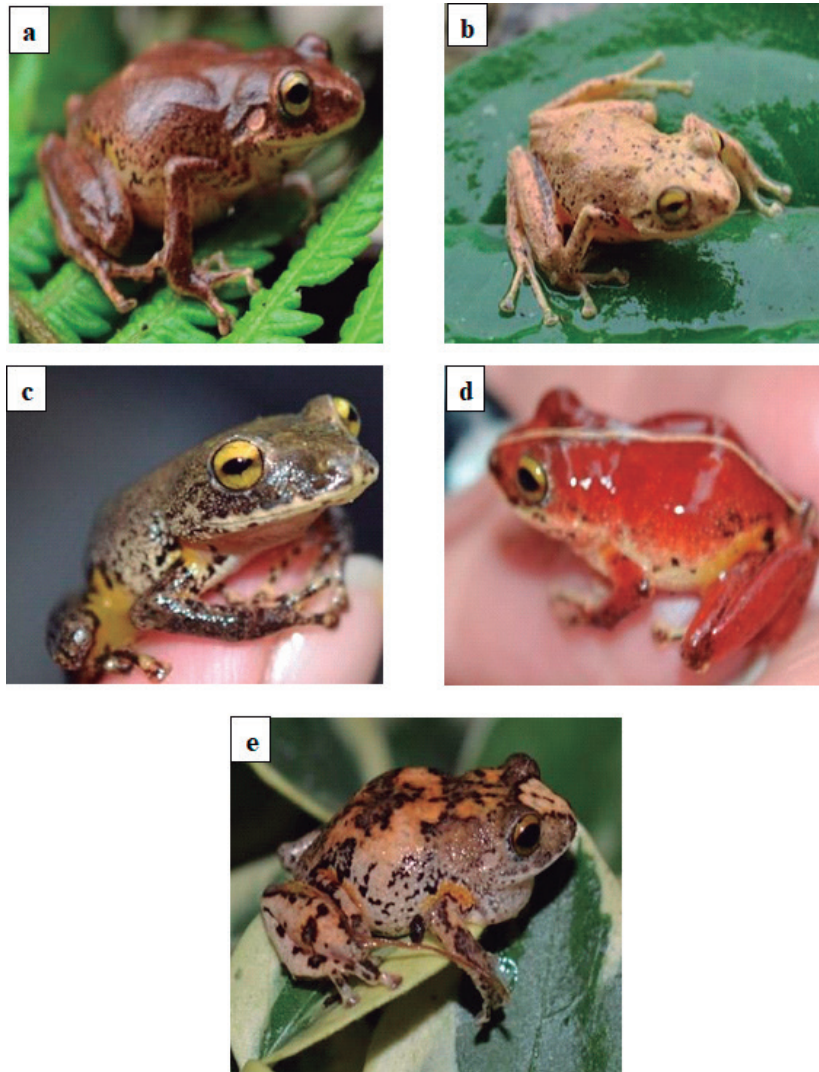
**Diferentes morfotipos.** Teniendo en cuenta que todos los individuos que se encontraron y con los cuales se trabajó contaban con los caracteres básicos para delimitarlos dentro de la especie *P. renjiformis* (Lynch 2000), los morfotipos se consideraron diferentes por el patrón de coloración como se explica a continuación:

**Morfotipo 1.** Dorso marrón oscuro con puntuaciones color amarillo o sin ellas, presencia o



**Figura 1.** Área de muestreo en la zona norte del bosque altoandino (punto rojo), dentro la reserva Peñas Blancas (área achurada), municipio de Mesitas del Colegio, departamento de Cundinamarca, Colombia.

**Tomado y modificado de:** Avellaneda (2016)



**Figura 2.** Morfotipos de *P. renjiformis* encontrados en la reserva Peñas Blancas.

ausencia de línea vertebral rostro-cloaca color crema (Figura 2-a).

*Morfotipo 2.* Dorso color crema, amarillo, marrón claro o color cobre con o sin puntuaciones oscuras, con o sin puntuaciones amarillas, presencia o ausencia de línea vertebral rostro-cloaca color crema (Figura 2-b).

*Morfotipo 3.* Dorso color verde oscuro, presencia o ausencia de línea vertebral rostro-cloaca color crema (Figura 2-c).

*Morfotipo 4.* Dorso color rojo, presencia o ausencia de línea vertebral rostro-cloaca color crema (Figura 2-d).

*Morfotipo 5.* Dorso color crema con manchas irregulares de gran tamaño, presencia o ausencia de

línea vertebral rostro-cloaca color crema (Figura 2-e).

**Toma de datos de variables ambientales.** Se analizó la relación entre la abundancia de la especie y las variables ambientales (altura, temperatura, humedad relativa y precipitación). La altitud se midió con GPS (Garmin-cx) marcando los puntos para las franjas altitudinales y cuadrantes una sola vez durante el estudio. La temperatura y la humedad relativa se midieron con un termohigrómetro (Digital thermometer) promediando el valor para cada salida. La precipitación fue registrada a partir de días con lluvias y días sin lluvia en cada una de las salidas de campo. Las variables de vegetación se midieron una sola vez a la mitad del período de estudio: altura de la vegetación (herbáceas y leñosas), porcentaje de cobertura de dosel (leñosas), porcentaje de cobertura

de herbáceas-musgo, hojarasca, rocas, suelo desnudo y profundidad de la hojarasca. Las características de la vegetación se tomaron de acuerdo con la metodología establecida por Rangel-Ch. *et al.* (1997). También se contrastó la relación de la abundancia relativa de la especie y datos categóricos como fase lunar y días con lluvia o días secos.

**Análisis de datos.** Se determinó si los datos eran normales (Shapiro-Wilk) y homocedásticos (Prueba de Levene) (Villaseñor-Alva 2011), los análisis arrojaron que la mayoría de los datos no fueron normales, por lo cual se realizaron pruebas no paramétricas.

Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar la diferencia de la abundancia relativa de la rana de lluvia frente a las diferentes franjas altitudinales y para las categorías días con lluvia y secos y presencia/ausencia de fase lunar y comparar la variación morfológica de los morfotipos entre sí.

Se usaron pruebas de correlación utilizando el Coeficiente de Spearman ( $r_s$ ) para determinar la relación de la abundancia relativa de *P. renjiformum* con las variables ambientales como altitud, precipitación, humedad relativa, temperatura y cobertura vegetal y para comparar la variación morfológica de *P. renjiformum* con respecto a las variables ambientales.

Se estandarizó cada carácter morfológico LMP, LMA, LC, IN y P dividiéndolo por la LRC, para eliminar el efecto de la longitud total en las comparaciones y se realizaron diagramas de caja (Box/Plot), para determinar visualmente la diferencia entre las características morfológicas.

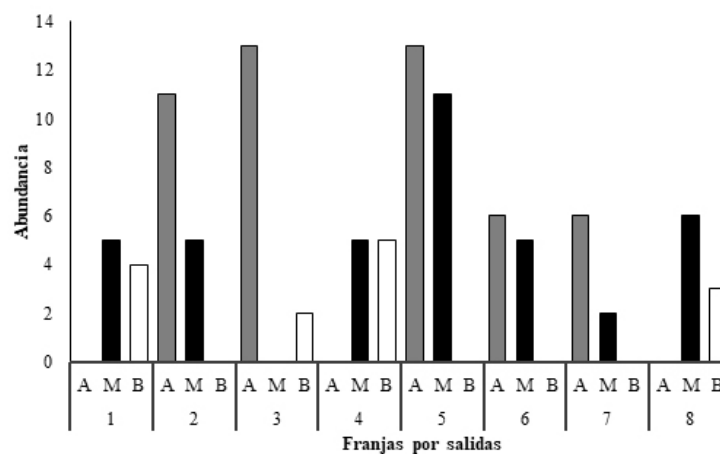
La abundancia frente a franjas altitudinales se realizó en los morfotipos 1 y 2, pero no se realizó para los morfotipos 3, 4 y 5 por los pocos registros; el análisis se hizo mediante la prueba de Mann-Whitney. Para todos los análisis de datos se empleó el programa estadístico de PAST versión 2.17c (Hammer *et al.* 2001) y el análisis de la abundancia por figuras fue realizado a través del programa Microsoft Excel 2013.

## Resultados

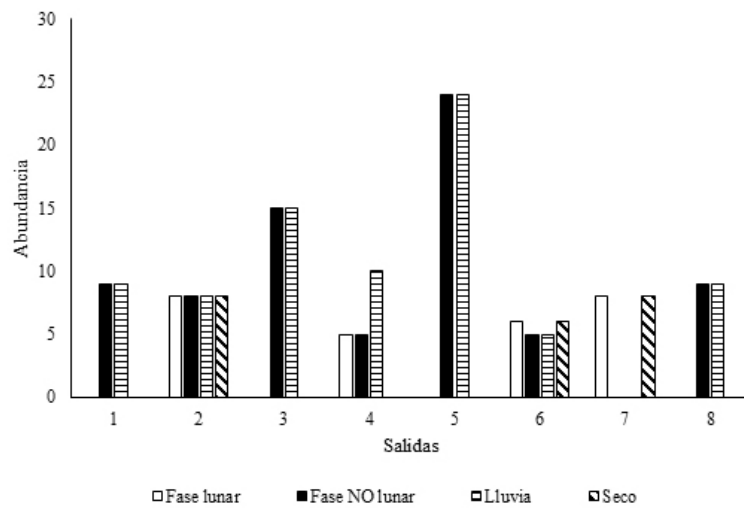
Se encontraron en total 102 individuos diferentes de la especie *P. renjiformum* en la zona norte del bosque altoandino de la reserva Peñas Blancas, Mesitas del Colegio, evitando la recaptura de los individuos con el uso de esmalte con el cual se marcó una pata en la parte inferior de los dedos y con el patrón ventral combinado del morfotipo permitió evidenciar que no se repitió la recaptura. Se registraron ejemplares de los cinco morfotipos: morfotipo 1 (29 individuos), morfotipo 2 (65), morfotipos 3 y 4 (3) cada uno y morfotipo 5 (2).

**Relación de la abundancia relativa de *P. renjiformum*.** Se registró la mayor abundancia de *P. renjiformum* en la franja alta con un total de 49 individuos, tendencia recurrente en la mayoría de salidas donde se registraron individuos en esta franja (cinco de las salidas); la franja media registró 39 y la franja baja 14 individuos (Figura 3). La abundancia frente a las franjas altitudinales fue diferente estadísticamente ( $H_c=11,7$ ;  $p=0,00287$ ).

**Abundancia relativa frente a días con lluvia y**



**Figura 3.** Abundancia relativa de *P. renjiformum* por franjas altitudinales para cada una de las salidas. Franjas: (A) Franja Alta=Barras grises, (M) Franja Media=Barras negras, (B) Franja Baja=Barras blancas.



**Figura 4.** Abundancia relativa de *P. renjiformis* frente al estado diario del clima y a presencia/ausencia de fase lunar para cada salida.

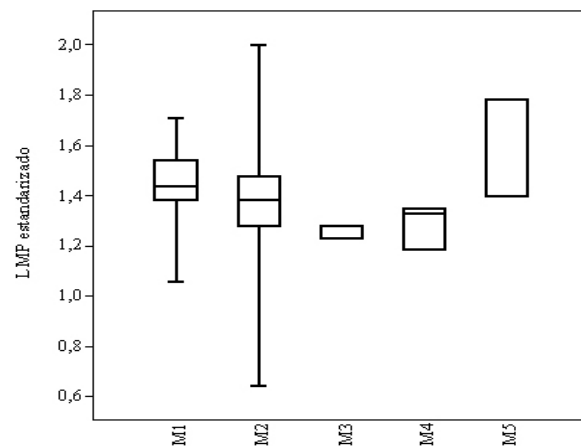
**secos.** En los días con lluvia se registraron 80 individuos de *P. renjiformis*, mientras que en los días secos 22. La abundancia por salidas estuvo inclinada a ser mayor para los días con lluvia durante siete salidas, contrario para los días secos donde se registraron individuos solo en tres salidas (Figura 4). La abundancia relativa frente a días con lluvia y seco no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $H_c=3,579$ ;  $p=0,0585$ ).

**Abundancia relativa frente a fase lunar.** La abundancia relativa de *P. renjiformis* fue mayor en los períodos sin fase lunar con un total de 75 individuos, mientras que en los períodos con fase lunar se registraron apenas 27 individuos (Figura 4). Al comparar la abundancia relativa frente a la fase lunar se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $H_c=15,34$ ;  $p=9,003E-05$ ).

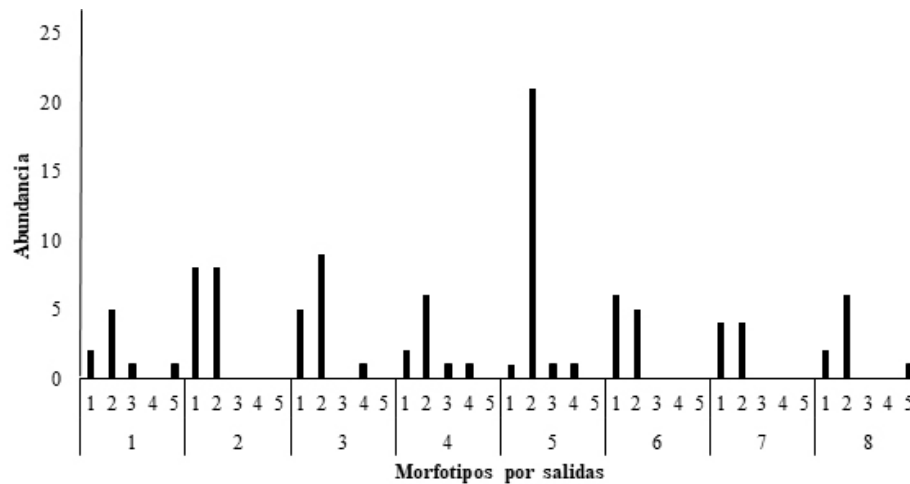
**Relación abundancia relativa frente a variables ambientales.** La abundancia relativa se relacionó negativamente con la temperatura ( $r_s=-0,191$ ;  $p=0,0475$ ) y positivamente con la altura ( $r_s=0,283$ ;  $p=0,00296$ ), mientras que con la precipitación ( $r_s=-0,0337$ ;  $p=0,728$ ) y la humedad ( $r_s=0,110$ ;  $p=0,253$ ) no se presentó correlación. La abundancia relativa de *P. renjiformis* no se correlacionó con la cobertura de herbáceas ( $r_s=0,143$ ;  $p=0,139$ ) ni con la cobertura de dosel ( $r_s=-0,0616$ ;  $p=0,526$ ), pero sí se encontró una correlación positiva entre la abundancia y la presencia/ausencia de luna ( $r_s=0,463$ ;  $p=4,24E-03$ ) y con los días de lluvia y secos ( $r_s=0,816$ ;  $p=5,18E-23$ ) (Tabla 1).

**Variación morfológica entre morfotipos.** Los morfotipos no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre caracteres, a excepción de LMP ( $H_c=10,79$ ;  $p=0,0290$ ) (Figura 5).

**Abundancia de morfotipos de *P. renjiformis* por salidas.** La abundancia del morfotipo 2 fue mayor en seis salidas, mientras el morfotipo 1 registró una abundancia mayor en una de las salidas. Ambos morfotipos estuvieron presentes en todas las salidas. La abundancia de los morfotipos 3, 4 y 5 fue baja o nula durante todo el muestreo (Figura 6).



**Figura 5.** Diferencias entre los morfotipos y el miembro posterior de *P. renjiformis*. Líneas exteriores de la caja: valores máximos y mínimos de los datos. Parte de debajo de la caja representa los valores de los cuartiles Q1-Q2, parte de arriba de la caja representa los valores de los cuartiles Q2-Q3.



**Figura 6.** Abundancia de morfotipos de *Pristimantis renjiformum* en cada salida. Números en la parte de arriba del eje X corresponden a los morfotipos: (1) morfotipo 1, (2) morfotipo 2, (3) morfotipo 3, (4) morfotipo 4, (5) morfotipo 5. Números en la parte de abajo del eje X corresponden a cada una de las salidas.

**Tabla 1.** Abundancia relativa de *P. renjiformum* frente a variables ambientales

	Abundancia	Temperatura °C	Precipitación (mm)	Humedad %	Altura	Coberturas herbáceas	Cobertura dosel	Presencia / ausencia	Días de lluvia y secos
Abundancia		<b>0,048*</b>	0,728	0,253	<b>0,003</b>	0,139	0,526	4.24E-03	5.18E-23
Temperatura °C	-0,191		<b>7.31E-06</b>	<b>7.21E-13</b>	0,601	0,902	0,654	0,307	0,007
Precipitación (mm)	<b>-0,034</b>	-0,549		0,0622	1	1	1	0,167	0,315
Humedad %	0,110	-0,678	0,180		<b>0,946</b>	<b>0,844</b>	<b>0,747</b>	<b>0,818</b>	<b>0,003</b>
Altura	0,283	-0,051	0	-0,007		<b>4.72E-01</b>	<b>0,001</b>	<b>0,176</b>	<b>0,001</b>
Coberturas herbáceas	0,143	-0,012	0	-0,019	0,381		<b>7.62E-26</b>	0,034	0,009
Cobertura dosel	<b>-0,062</b>	0,044	0	-0,031	-0,340	-0,839		<b>0,244</b>	0,0350
Presencia/ ausencia	0,463	0,099	-0,133	-0,022	0,131	0,204	-0,113		<b>3.62E-04</b>
Días de lluvia y secos	0,816	-0,257	-0,098	0,288	0,310	0,250	-0,203	0,499	

\*Valores estadísticamente significativos en **negrita**  $p < 0,05$   
 Valores diagonales inferiores: valores de la correlación  $r_s$

**Abundancia en los morfotipos 1 y 2 respecto a las franjas altitudinales.** Al analizar los datos se observaron diferencias estadísticamente significativas para los morfotipos 1 y 2 en la franja más alta ( $U=488$ ;  $p=0,0377$ ). En las franjas media y baja no existieron diferencias de abundancia entre los morfotipos 1 y 2 (Media:  $U=557$ ;  $p=0,220$ ; Baja:  $U=592$ ;  $p=0,223$ ).

**Correlación de las medidas morfométricas con las variables ambientales.** Al analizar los datos se

encontraron que las medidas morfométricas de los individuos con las variables ambientales en cuanto a la LC y la IN se relacionaron directamente con la temperatura ( $r_s=0,437$ ;  $p=4.20E-02$ ;  $r_s=0,425$ ;  $p=8.28E-03$ ) e inversamente con la humedad ( $r_s=-0,416$ ;  $p=1.33E-01$ ;  $r=-0,335$ ;  $p=0,000557$ ), respectivamente. Por otra parte, los morfotipos con los caracteres LRC, LMP, LMA y el peso no se relacionaron con la temperatura y la humedad relativa (Tabla 2).

**Tabla 2.** Variación morfológica de los individuos frente a variables ambientales

	LRC	LMP	LMA	LC	IN	Peso	Temperatura	Humedad
LRC		0,200	0,145	0,324	0,198	6.12E-01	0,172	0,369
LMP	-0,127		2.05E-03*	0,845	0,378	0,004	0,457	0,518
LMA	-0,145	0,487		0,238	0,065	0,059	0,950	0,149
LC	0,0985	0,0195	0,117		1.03E-15	0,743	4.20E-02	1.33E-01
IN	0,128	-0,0881	-0,183	0,750		0,615	8.28E-03	0,001
Peso	0,567	0,216	0,122	0,0580	0,0825		0,123	0,352
Temperatura	-0,136	-0,0744	-0,00619	0,437	0,425	-0,151		4.12E-19
Humedad	0,0897	-0,0646	-0,143	-0,416	-0,335	0,0953	0.184	

\* Valores estadísticamente significativos en **negrita**  $p < 0,05$   
Valores diagonales inferiores: valores de la correlación  $r_s$

## Discusión

La abundancia relativa de *Pristimantis renjiformis* en la reserva Peñas Blancas aumentó a medida que asciende en el gradiente altitudinal; sin embargo, tal abundancia varía de acuerdo con la disponibilidad de ambientes y con las condiciones climáticas que ofrece cada rango altitudinal (Wake y Lynch 1976, Cortéz-Fernández 2006). Esto se relaciona con trabajos en donde se evidencia que al usarse gradientes altitudinales de 100 m se encontraron diferencias en la abundancia de anfibios (Khatiwada 2011).

En el estudio realizado se demostró que los días con lluvia están directamente relacionados con la abundancia relativa, porque para los días secos la abundancia de las especies es menor, probablemente por una disminución del alimento o se puede deber a que la radiación solar acumulada durante el día en la vegetación genere una mayor pérdida de agua en los anfibios. García y Cabrera-Reyes (2008), sugieren que cuando llegan las lluvias las especies de anfibios se distribuyen mejor en ambientes con vegetación alejada a arroyos, donde las condiciones de microclima y alimento son similares. Además, Muñoz-Guerrero *et al.* (2007) y Martínez-Baños *et al.* (2011) encontraron que la abundancia de especies de anfibios está relacionada con las estaciones de lluvia sin importar el nivel del agua de quebradas o riachuelos, por tanto mencionan que es necesario realizar estudios para conocer la biología trófica y reproductiva de las especies que crean este comportamiento. No obstante, para especies de desarrollo directo sería una ventaja para explotar nuevos ambientes (Martínez-Baños *et al.* 2011).

La abundancia relativa de *P. renjiformis* en las condiciones de fase no lunar incrementó, sin embargo, De la Riva de la Viña (1993) menciona que varias especies del género *Hyla* no disminuyen su actividad en presencia de la luna, sino que se vuelven menos conspicuas en la base de las plantas y los machos buscan mayores coberturas. Duellman (1978), concluyó además que las especies nocturnas de anfibios se correlacionan negativamente con la luz de la luna, aun si en las condiciones de la noche se presenciaba lluvia o neblina moderada, debido a que las especies pueden ser más visibles a potenciales depredadores.

Mientras que la abundancia relativa de *P. renjiformis* presentó una correlación negativa con la temperatura, posiblemente este factor se debe a la distribución geográfica y a la ecología de la especie a diferentes temperaturas, ya que en las tres franjas altitudinales se encontró una mayor abundancia de individuos con un total de 49 en la franja alta, 39 en la franja media y 14 en la franja baja; igual que lo sugieren Ramírez *et al.* (2009) donde a mayor altitud es mayor abundancia de los anfibios, pero menor temperatura, así como a menores altitudes es menor la abundancia de los anfibios y las temperaturas son mayores.

La variación morfológica para el carácter LMP presentó diferencia entre morfotipos ( $H_c=10,79$ ;  $p=0,0290$ ), esto se justifica a través de los análisis de variables ambientales que se realizan directamente con las mediciones morfométricas y no con los morfotipos, permitiendo que se evidencie una mayor dinámica espacio-temporal de anfibios en escalas mayores a partir de rasgos funcionales (Urbina-Car-dona *et al.* 2016).



La longitud de la cabeza (LC) y distancia inter-narinas (IN) presentaron una relación positiva con la temperatura; posiblemente a temperaturas más altas, hay presas más grandes, lo que está directamente relacionado con que se encuentren ranas con bocas o cabezas más grandes para poder consumirlas efectivamente. A la par, Menéndez (2001) y Muñoz-Guerrero *et al.* (2007), encontraron en especies de hylidos que aquellos individuos que tienen mayores tamaños corporales poseen cabezas y bocas más grandes, haciendo que se puedan alimentar de presas de gran tamaño; por lo tanto, se puede sugerir que la especie tiene una relación con un mayor espacio entre narinas.

La abundancia de morfotipos de *P. renjiformis* durante el estudio mostró que la presencia de los morfotipos 1 y 2 fue evidente durante todos los muestreos, esto indica que el índice de distribución de estos morfotipos es alto a lo largo de la reserva. Para los morfotipos 1 y 2 se presentó una diferencia para la abundancia en la franja alta, pero en las franjas media y baja no hubo diferencia que relacionara la abundancia; igualmente esto se manifiesta a través de los diferentes ambientes climáticos y disponibles que ofrece esta franja altitudinal (Wake y Lynch 1976, Cortéz-Fernández 2006).

## Conclusiones

La abundancia relativa de *P. renjiformis* varía de acuerdo con el gradiente altitudinal en la zona norte del bosque altoandino en la reserva de Peñas Blancas, Mesitas del Colegio. El análisis arrojado en el estudio registró que la variable temperatura se relacionó negativamente con la abundancia de *P. renjiformis*, a diferencia de las variables ausencia de luz de luna, día lluvioso y altitud que determinaron positivamente la abundancia de la especie, factores asociados con las condiciones fisiológicas y comportamentales.

En cuanto a los factores ambientales como la temperatura y la humedad no se relacionaron con los caracteres como LRC, LMP, LMA y P; contrario a lo que sucede con los caracteres LC e IN que son directamente proporcionales a la temperatura. Para la humedad los caracteres LC e IN son inversamente proporcionales a la morfología de los individuos.

Se encontraron diferencias en el patrón de coloración entre los morfotipos, sin embargo, se requiere un muestreo más riguroso de los cuadrantes para ampliar

el margen del número de morfotipos y determinar si se pueden hacer más inferencias en el estudio de la abundancia de la especie.

## Agradecimientos

A la Fundación Zoológico Santacruz, la empresa ENDESA, por administración de recursos, logística y permisos para la investigación. Agradecemos a la Universidad INCCA de Colombia, Universidad Nacional, Instituto de Ciencias Naturales por ser aquellas escuelas de formación.

## Literatura citada

- Acosta-Galvis AR. 2000. Ranas, salamandras y caecilias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia. *Biota Colombiana*. 1 (3): 289-319. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/491/49110303.pdf>
- Acosta-Galvis AR. 2019. *Lista de los anfibios de Colombia*. Disponible en: <http://www.batrachia.com>
- AmphibiaWeb. 2019. AmphibiaWeb: *Information on amphibian biology and conservation*. Disponible en: <http://www.amphibiaweb.org>
- Angulo A, Rueda-Almonacid JV, Rodríguez-Mahecha JV, La Marca E (eds.). 2006. *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la Región Tropical Andina*. Bogotá: Conservación Internacional; 298 pp. Disponible en: <http://www.amphibians.org/wp-content/uploads/2013/07/Monitoreo-de-anfibios-baja-final.pdf>
- Arroyo S, Jerez A, Ramírez-Pinilla MP. 2003. Anuros de un bosque de niebla de la Cordillera Oriental de Colombia. *Caldasia*. 25 (1): 153-67. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39406/41297>
- Asociación Bogotana de Ornitología (ABO). 2015. *Aves del Distrito de Manejo Integrado de Peñas Blancas, San Antonio del Tequendama, Cundinamarca*. Disponible en: <https://ipt.biodiversidad.co/sib/resource?r=abo-002&v=3.0>
- Avellaneda-Moreno MA. 2016. *Ranas de lluvia en un Bosque Altoandino: partición de recursos entre cuatro especies y estado de conocimiento de *Pristimantis renjiformis**. (Trabajo de grado). Bogotá: Universidad de la Salle. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/21278>
- Baraquet M, Grenat PR, Salas NE, Martino AL. 2012. Variación morfométrica y geográfica entre poblaciones de *Hypsiobas cordobae* (Anura: Hylidae) en Argentina. *Cuadernos de Investigación UNED*. 4 (2): 147-155. Disponible en: <http://bit.ly/2Vfevop>
- Baillie JM, Hilton-Taylor C, Stuart SN (eds.). 2004. IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. IUCN: Gland, Switzerland, Cambridge. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/node/9830>
- Bernal MH, Lynch JD. 2008. Review and analysis of altitudinal distribution of the Andean anurans in Colombia. *Zootaxa*.

- 1826 (1): 1-25. Disponible en: <http://bit.ly/2KYcyZw>
- Cortéz-Fernández C. 2006. Variación altitudinal de la riqueza y abundancia relativa de los anuros del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. *Ecología en Bolivia*. 41 (1): 46-64. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v41n1/v41n1a04.pdf>
- Crump ML. 1974. *Reproductive strategies in a Tropical anuran community*. Miscellaneous Pub N° 61. Lawrence: University of Kansas Publications, Museum of Natural History; 78 pp. Disponible en: [https://multimedia20stg.blob.core.windows.net/publicaciones/Crump\\_1974.pdf](https://multimedia20stg.blob.core.windows.net/publicaciones/Crump_1974.pdf)
- Cuellar-Ibáñez DH. 2009. *Estrategia ecoturística en el Distrito de Manejo Integrado Cuchilla de Peñas Blancas y el Subia, municipio El Colegio, Cundinamarca*. (Trabajo de grado). Bogotá: Facultad de Postgrados, Escuela Superior de Administración Pública. Disponible en: <http://bit.ly/2Gyh9gB>
- Duellman WE. 1978. *The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador*. Miscellaneous Pub N° 665 (classic reprint). Lawrence: University of Kansas; 352 pp. Disponible en: [https://trove.nla.gov.au/work/25074653?\\_q&versionId=30238167](https://trove.nla.gov.au/work/25074653?_q&versionId=30238167)
- Duellman WE. 1988. Patterns of species diversity in anuran amphibians in the American Tropics. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 75 (1): 79-104. Disponible en: <http://bit.ly/2Xzc4KN>
- Duellman WE. 2005. *Cusco amazónico: The lives of amphibians and reptiles in a Amazonian rainforest*. Comstock Publishing Associates. Ithaca: Cornell University Press; 433 pp. Disponible en: <https://www.amazon.com/Cusco-Amaz%C3%B3nico-Amphibians-Amazonian-Rainforest/dp/0801439973>
- Flores-Saldaña MG. 2008. Estructura de las comunidades de murciélagos en un gradiente altitudinal en la reserva de la biosfera y tierra comunitaria de origen Pijon Lajas, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*. 15 (2): 309-22. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45716284017>
- Frost DR. 2019. *Amphibian Species of the World 6.0, an Online Reference*. Disponible en: <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 Zool Mex*. 24 (3): 91-115. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372008000300007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372008000300007)
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4 (1): 1-9. Disponible en: [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf)
- Heinicke MP, Duellman WE, Hedges SB. 2007. Major Caribbean and Central American frog faunas originated by ancient oceanic dispersal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 104 (24): 10092-7. Disponible en: <https://www.pnas.org/content/104/24/10092>
- Khatiwada JR. 2011. *Amphibian species richness and composition along an elevational gradient in Chitwan, Nepal*. Norwegian University of Life Sciences; 49 pp. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/e5ca/d5d753c9b2ae3a3c281bddb5a1768405721e.pdf>
- Lynch JD, Ruiz-Carranza PM, Ardila-Robayo MC. 1997. Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 21 (80): 237-248. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000114&pid=S0031-1049201200180000100027&lng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000114&pid=S0031-1049201200180000100027&lng=es)
- Lynch JD. 2000. A new species of frog, genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae), from the Sabana de Bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 24 (92): 435-9.
- Martínez-Baños V, Pacheco-Flórez V, Ramírez-Pinilla MP. 2011. Abundancia relativa y uso de microhábitat de la rana *Geobatrachus walkeri* (Anura: Strabomantidae) en dos hábitats en Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Rev. Biol Trop*. 59(2): 907-20. Disponible en: [bit.ly/2UU7M40](http://bit.ly/2UU7M40)
- Menéndez PA. 2001. *Ecología trófica de la comunidad de anuros del Parque Nacional Yasuní en la Amazonia Ecuatoriana*. (Tesis de grado). Quito: Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 173 pp. Disponible en: <http://bit.ly/2Dsrh8V>
- Méndez-Narváez J. 2014. Diversidad de anfibios y reptiles en hábitats altoandinos y paramunos en la cuenca del río Fúquene, Cundinamarca, Colombia. *Biota Colombiana* 15 (1): 94-103. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/491/49140738006.pdf>
- Muñoz-Guerrero J, Serrano VH, Ramírez-Pinilla MP. 2007. Uso de microhábitat, dieta y tiempo de actividad en cuatro especies simpátricas de ranas hílidas Neotropicales (Anura: Hylidae). *Caldasia*. 29 (2): 413-25. Disponible en: <http://bit.ly/2Vg6Ztf>
- Ramírez S, Meza-Ramos P, Yáñez-Muñoz M, Reyes J. 2009. Asociaciones interespecíficas de anuros en cuatro gradientes altitudinales de la Reserva Biológica Tapichalaca, Zamora-Chinchipe, Ecuador. *Boletín Técnico 8, Serie Zoológica 4-5*: 35-49 Disponible en: <http://bit.ly/2VX-QOhz>
- Ramírez-Pinilla MP, Osorno-Muñoz M, Rueda JV, Amézquita A, Ardila-Robayo MC. 2004. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Disponible en: <https://www.iucn.org/iucn-red-list-threatened-species-test-single-page>
- Rangel-Ch JO, Lowy PD, Aguilar M. 1997. *Colombia. Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ideam; 437 pp. Disponible en: <http://bit.ly/2Vj6Oxo>
- Riva de la Viña JI de la. 1993. *Ecología de una comunidad Neotropical de anfibios durante la estación lluviosa*. (Tesis doctoral). Madrid: Departamento de Biología Animal, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid; 383 pp. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/3486/>
- Rueda-Almonacid JV. 2010. *Anfibios y reptiles de los bosques de La Aguadita, región del Salto de Tequendama y Puerto*

- Salgar*, Departamento de Cundinamarca. Informe final. Convenio # 00597. Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y Conservación Internacional Colombia; 87 pp. Disponible en: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5bfc05ea3f12a.pdf>
- Suárez-Mayorga A. 1999. Lista preliminar de la fauna anfibia presente en el transecto La montaña-Alto de Gabinete, Caquetá, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (suplemento especial): 395-405.
- Urbina-Cardona JN, Cortés-Gómez AM, Ramírez-Pinilla MP. 2016. Protocolo de medición de rasgos funcionales en anfibios. Pp. 126-179. En: Salgado-Negret B. (ed). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von; 236 pp. Disponible en: <http://bit.ly/2GAy3PB>
- Villaseñor-Alva JA. 2011. Pruebas de bondad de ajuste para distribuciones con parámetro de forma. Monterrey: ITESM; pp. 1-29. Disponible en: [http://amestad.mx/pdf/conferencias/2011/Jose\\_Villasenor\\_Alva\\_Sept\\_2011.pdf](http://amestad.mx/pdf/conferencias/2011/Jose_Villasenor_Alva_Sept_2011.pdf)
- Wake D, Lynch JF. 1976. The distribution, ecology, and evolutionary history of plethodontid salamanders in tropical America. *Natural History Museum of Los Angeles County Science Bulletin*. 25: 1-65. Disponible en: <http://bit.ly/2XvzWPn>
- Yu HT. 1994. Distribution and abundance of small mammals along a subtropical elevational gradient in central Taiwan. *J Zool*. 234 (4): 577-600. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-7998.1994.tb04866.x/abstract>