

ISSN 0326 - 551X (impresa)  
ISSN 1852 - 5768 (en línea)

# CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA

VOLUMEN 29 - NUMERO 2 - SEPTIEMBRE 2015

[ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cuadherpetol/](http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cuadherpetol/)



Revista de la  
Asociación Herpetológica Argentina

## Asociación Herpetológica Argentina

**Presidente:** Javier Goldberg

**Vicepresidente:** Diego Baldo

**Secretaria:** Mariana Pueta

**Prosecretario:** J. Sebastián Barrionuevo

**Tesorera:** Silvia Quinzio

**Vocales Titulares:** Daiana Paola Ferraro, Vanesa Arzamendia

**Vocal Suplente:** Marcelo Fabián Bonino,

**Junta Revisora de Cuentas:** Marta Duré, Samanta Cairo

### CUADERNOS de HERPETOLOGÍA

Una publicación semestral de la Asociación Herpetológica Argentina (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy, Alberdi 47 - CP 4600, S. S. de Jujuy, Argentina). Incluye trabajos científicos relacionados con todos los aspectos de la investigación en Anfibios y Reptiles, abarcando tópicos como: sistemática, taxonomía, anatomía, fisiología, embriología, ecología, comportamiento, zoogeografía, etc. Comprende las siguientes secciones: **Trabajos, Puntos de Vista, Notas, Novedades Zoogeográficas y Novedades Bibliográficas**. Publica en formato digital online y en formato impreso artículos científicos originales asegurando a los autores un proceso de revisión por evaluadores externos sólido y transparente más una alta visibilidad internacional de sus trabajos. Para los lectores, se garantiza el acceso libre a los artículos. Los idiomas aceptados son castellano, portugués e inglés.

### Comité Científico

**Robert Espinoza**

California State University,  
California, EE.UU.

**Taran Grant**

Universidade Católica do Rio Grande  
do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

**Fernando Lobo**

Instituto de Bio y Geociencias del  
NOA, Salta, Argentina

**Lee Fitzgerald**

Texas A&M University, College  
Station, Texas, EE.UU.

**Célio F. B. Haddad**

Instituto de Biociências, UNESP, Rio  
Claro, São Paulo, Brasil

**Gustavo Scrocchi**

Fundación Miguel Lillo, Tucumán,  
Argentina

**Darrel Frost**

American Museum of Natural  
History, New York, EE.UU.

**Esteban O. Lavilla**

Fundación Miguel Lillo, Tucumán,  
Argentina

**James A. Schulte II**

Clarkson University, Potsdam, NY,  
EE.UU.

### Director

**Marcos Vaira**

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy,  
Alberdi 47, (4600) Jujuy, Argentina / [director.cuadherpetol@gmail.com](mailto:director.cuadherpetol@gmail.com)

### Editores Asociados

**David Buckley**

Departamento de Biodiversidad y  
Biología Evolutiva Museo Nacional de  
Ciencias Naturales, Madrid, España

**Julián Faivovich**

Museo Argentino de Ciencias  
Naturales "Bernardino Rivadavia"  
Buenos Aires, Argentina

**John O. Reiss**

Department of Biological Sciences,  
Humboldt State University, Arcata,  
CA, Estados Unidos de Norteamérica

**Mario R. Cabrera**

Departamento Diversidad Biológica y  
Ecología Universidad Nacional de  
Córdoba, Córdoba, Argentina

**Alejandro Giraudo**

Instituto Nacional de Limnología  
CONICET, Universidad Nacional del  
Litoral, Santa Fe, Argentina

**Alex Richter-Boix**

Evolutionary Biology Centre, Uppsala  
Universitet, Norbyvägen, Uppsala,  
Suecia

**Santiago Castroviejo-Fisher**

Pontificia Universidade Católica do  
Rio Grande do Sul, Porto Alegre,  
Brasil

**Carlos A. Navas**

Departamento de Fisiologia, Instituto  
de Biociências, Universidade de São  
Paulo, São Paulo, Brasil

**Miguel Tejedo**

Departamento de Ecología Evolutiva  
Estación Biológica de Doñana, EBD-  
CSIC Sevilla, España

**Ana Lucia da Costa Prudente**

Museu Paraense Emilio Goeldi,  
Belém, Estado do Pará, Brasil

**Paola Peltzer**

Universidad Nacional del Litoral,  
Santa Fe, Argentina

**María Florencia Vera Candiotti**

Instituto de Herpetología, Dirección  
de Zoología, Fundación Miguel Lillo,  
Tucumán, Argentina

**Classius de Oliveira**

Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, Sao Jose do Rio  
Preto, SP - Brasil

**Sebastián Quinteros**

Instituto de Bio y Geociencias del  
NOA, Salta, Argentina

### Ilustración de tapa:

*Caiman yacare* llamado comúnmente yacaré negro, esta especie se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales de Sudamérica. En los Esteros del Iberá en la provincia de Corrientes, sus poblaciones son muy numerosas por lo que es muy común verlos sobre los embalsados tomando sol. Ver: Ingaramo *et al.* pp. 177-178. **Foto:** María del Rosario Ingaramo.

# Anfibios de las Sierras Pampeanas Centrales de Argentina: diversidad y distribución altitudinal

Julián N. Lescano<sup>1</sup>; Javier Nori<sup>1,2</sup>; Ernesto Verga<sup>3</sup>; Facundo Robino<sup>2</sup>; Andrea Bonino<sup>2</sup>; Daniela Miloch<sup>2</sup>; Natalia Ríos<sup>2</sup>; Gerardo C. Leynaud<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Diversidad y Ecología Animal (CONICET-Universidad Nacional de Córdoba). Rondeau 798, Córdoba (5000), Argentina.

<sup>2</sup> Centro de Zoología Aplicada (FCEFyN; Universidad Nacional de Córdoba), Córdoba, Argentina. Rondeau 798, Córdoba (5000), Argentina.

<sup>3</sup> Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET- Universidad Nacional de Córdoba), Av. Velez Sarfield 1611, Córdoba (5000), Argentina.

Recibido: 06 Agosto 2014

Revisado: 08 Septiembre 2014

Aceptado: 22 Diciembre 2014

Editor Asociado: M. Vaira

## RESUMEN

Las Sierras Pampeanas Centrales (SPC) ocupan parte del territorio de las provincias de Córdoba y San Luis (Argentina) y constituyen un área de singular importancia biogeográfica. En este trabajo se presenta una síntesis sobre el conocimiento de la diversidad y distribución altitudinal de la fauna de anuros de las Sierras de Córdoba y San Luis. El listado de especies de anfibios de las SPC se compiló utilizando diversas fuentes de información (datos de campo, colecciones biológicas y registros bibliográficos). Utilizando esta información se caracterizó el rango de distribución altitudinal de cada especie y se analizaron las asociaciones entre la riqueza y composición de anfibios y el gradiente de altura de las SPC. Se registró un total de 24 especies de anfibios pertenecientes a cinco familias. Dicha fauna se distribuye de forma heterogénea en el gradiente de altura de las SPC observándose una disminución lineal de la riqueza en función de la altura y ensamblajes asociados a sectores altitudinales definidos. Los resultados obtenidos representan información básica y necesaria para evaluar el impacto de diversas actividades humanas en este particular y frágil sistema de montaña.

Palabras clave: Anuros, Ambientes de Montaña, Ecología, Córdoba, San Luis.

## ABSTRACT

**Amphibians from Sierras Pampeanas Centrales of Argentina: diversity and altitudinal distribution.** Sierras Pampeanas Centrales (SPC) mountains are located in Córdoba and San Luis provinces (Argentina) and represent an area of unique biogeographic importance. In this paper we provide a synthesis about the knowledge of diversity and altitudinal distribution of anurans that inhabit SPC mountains. We compiled a species list through different information sources (field data, biological collections and bibliography). Using this information we characterize altitudinal distribution range of each species and analyze associations between species richness and composition and altitude gradient. We recorded 24 amphibians species belonging to five families. These species are heterogeneously distributed over the altitude gradient of SPC. We detect a linear negative relationship between altitude and species richness and defined assemblages associated with different altitude sectors. The results obtained in the paper represent basic information that will be useful to evaluate anthropogenic impact on this particular and fragile mountain system.

Key words: Anurans, Mountain systems, Ecology, Córdoba, San Luis.

## Introducción

El conocimiento sobre la distribución temporal y espacial de la biota es un objetivo que resulta común tanto a la ecología como a la biogeografía (Gaston, 2000). Históricamente, diversos autores dedicados a estas disciplinas han destacado la particular im-

portancia de los gradientes de altura para detectar y comprender los factores que limitan la distribución de las especies y condicionan los patrones de distribución espacial de la diversidad (Grinnell, 1924; Whittaker, 1960; Lomolino, 2001; Sundqvist *et al.*,

2013). Sumado a esto, debido a la heterogeneidad climática que presentan los sistemas montañosos en escasos kilómetros lineales, los gradientes altitudinales ofrecen la posibilidad de abordar diversos aspectos relacionados con los efectos del cambio climático global (Haslet, 1997; Lenoir *et al.*, 2008; Benito *et al.*, 2011; Engler *et al.*, 2011).

En Argentina, las Sierras Pampeanas representan uno de los sistemas montañosos extra-andinos más importantes respecto a su extensión y grado de aislamiento. Dentro de esta gran formación, las Sierras Pampeanas Centrales (también conocidas como Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis o Sierras Pampeanas Orientales) se destacan por presentar numerosas plantas (Cabido *et al.*, 1998), hongos (Robledo *et al.*, 2003, 2006, Robledo y Renison 2010) y animales endémicos (Ceï, 1972, 1980; Di Tada *et al.*, 1984; Nores, 1985; Polop, 1989; Nores, 1995; Valletti *et al.*, 2009).

La fauna de anfibios de las Sierras Pampeanas Centrales (SPC en adelante) ha sido tratada por diversos autores en trabajos taxonómicos (ej.: Ceï, 1972; Di Tada *et al.*, 1984; Martino y Sinsch, 2002; Céspedes, 2008; Valetti *et al.*, 2009), biogeográficos (ej.: Bridarolli y Di Tada, 1994; Valetti *et al.*, 2013) y de ecología e historia natural (ej.: Di Tada *et al.*, 1996; Sinsch *et al.*, 2001; Gavier *et al.*, 2003; Jofré *et al.*, 2005; Jofré *et al.*, 2007; Pereyra *et al.*, 2011; Verga *et al.*, 2012; Baraquet *et al.*, 2013; Lescano *et al.*, 2013). El primer listado de anfibios de las SPC fue publicado por Martori y Aun (1994). En este trabajo los autores mencionan a 19 especies para las Sierras de la provincia de Córdoba. Posteriormente Avila *et al.* (1999) presentaron un listado de la herpetofauna de los pastizales de altura de las Sierras de Comechingones donde mencionan la presencia de cinco especies de anfibios. Si bien estos dos últimos trabajos representan valiosos aportes al conocimiento de la fauna de anfibios que habita las SPC, los antecedentes que involucran a los anuros de dicho sistema montañoso se han incrementado de forma significativa durante los últimos años (ej.: Sinsch *et al.*, 2001; Martino y Sinsch, 2002; Gavier *et al.*, 2003; Jofré *et al.*, 2005; Rosset *et al.*, 2006; Jofré *et al.*, 2007; Céspedes, 2008; Ferraro y Casagrande, 2009; Kolenc *et al.*, 2009; Valetti *et al.*, 2009; Verga *et al.* 2012; Baraquet *et al.*, 2013; Lescano *et al.*, 2013; Valetti *et al.*, 2013).

En el presente trabajo se pone a disposición una síntesis sobre el conocimiento de la diversidad y distribución de la fauna de anuros de las Sierras de

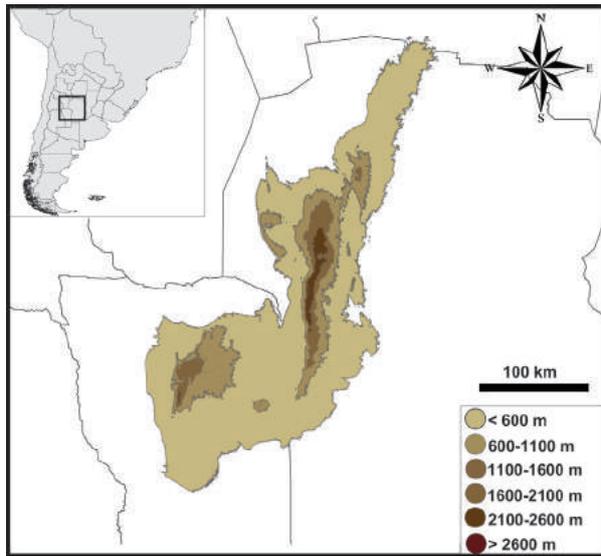
Córdoba y San Luis. Los objetivos particulares del trabajo son los siguientes: a) presentar un listado actualizado de las especies de anfibios que habitan las SPC de Argentina; b) caracterizar la distribución altitudinal de cada una de las especies presentes; c) analizar la variación en la riqueza de anfibios en función del gradiente de altura de las SPC y d) detectar asociaciones entre la composición de los ensambles de anfibios y dicho gradiente.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

Las Sierras Pampeanas constituyen una unidad morfotectónica que aflora desde los 25° 30' hasta los 33° de latitud sur, en el centro y noroeste de Argentina. Tienen una extensión de aproximadamente 900 km en sentido N-S y unos 400 km en sentido E-O. Este extenso afloramiento de basamento pre-andino debe su elevación actual al funcionamiento de grandes fallas inversas que se activaron durante el Terciario (Baldo *et al.*, 1999; Rapela *et al.*, 2001). Las SPC (*i.e.* la porción centro-oriental de las Sierras Pampeanas) comprenden a la Sierra de San Luis, las Sierras de Córdoba (Sierra Grande-Comechingones, Sierra Chica, Sierra de Pocho-Guasapampa) y la Sierra Norte. Tienen una extensión aproximada de 400 km en sentido N-S y más de 100 km en sentido E-O en su sección más extensa (Rapela *et al.*, 2001) (Fig. 1).

El piedemonte de las SPC comienza a los 600 m s.n.m. aproximadamente y éstas alcanzan su altura máxima en el Cerro Champaquí a 2780 m s.n.m. A lo largo de este gradiente altitudinal de casi 2200 metros existen cambios tanto en la composición como en la estructura florística, pudiendo diferenciarse tres pisos altitudinales. Entre los 600 y los 1350 m s.n.m. se desarrolla el Bosque Serrano, el cual se corresponde con una sub-unidad fitogeográfica del Chaco dominada por bosques de *Lithraea molleoides* y *Schinopsis haenkeana* (Luti *et al.*, 1979; Prado, 1993). Entre los 1350 y los 1700 m s.n.m. se encuentra un arbustal tradicionalmente denominado como Romerillar (o matorral serrano). Según Luti *et al.* (1979) dicha unidad fitogeográfica está definida por la dominancia del arbusto *Heterothalamus alienus*, sin embargo un estudio reciente sugiere que dicho piso altitudinal no presenta una identidad florística propia (Giorgis, 2011). A partir de los 1700 m s.n.m. se encuentran los Pastizales y Bosquecillos de Altura (Luti *et al.*, 1979; Bridarolli y Di Tada, 1996). El paisaje en esta franja de altura se compone de valles



**Figura 1.** Ubicación geográfica de las Sierras Pampeanas Centrales en las provincias de Córdoba y San Luis, Argentina.

y barrancos con diferentes grados de disección y pendiente, afloramientos rocosos y acantilados escarpados. Según la condición topográfica y el disturbio pasado y presente, la vegetación en este piso altitudinal consiste en un mosaico de bosques de *Polylepis australis*, céspedes de vegetación baja con dominancia de *Lachemilla pinnata*, y pastizales y pajonales dominados por *Poa stueckertii*, *Deyeuxia hieronymi* y *Festuca tucumanica* (Cingolani *et al.*, 2004, 2008, 2014).

El clima de las SPC es heterogéneo y dependiente de la altura. En localidades ubicadas en sectores bajos del bosque serrano las precipitaciones anuales promedio oscilan alrededor de los 670 mm y la temperatura media anual es de 18.9 °C mientras que en los pastizales de altura ubicados entre los 1900 y los 2200 m s.n.m. la temperatura media anual es de 9.6 °C y no hay meses libres de heladas. La precipitación media anual en estos sectores es de 870 mm concentrada entre los meses de octubre y abril. Las nevadas son frecuentes entre el otoño y la primavera temprana (datos obtenidos en estaciones meteorológicas del INA, CIRSA Villa Carlos Paz).

#### Listado de anfibios y caracterización de su distribución altitudinal

El listado de especies se compiló utilizando diversas fuentes de información. En primer lugar se utilizaron datos de campo registrados en 98 sitios de muestreo pertenecientes a localidades serranas ubicadas en la provincia de Córdoba entre los 600 y los 2350 m s.n.m. Dichos datos fueron tomados por los autores

del trabajo durante los últimos siete años mediante una combinación de dos técnicas estandarizadas para el muestreo de anfibios: relevamientos por encuentros visuales y muestreos auditivos en sitios de reproducción (Crump y Scott, 1994; Scott y Woodward, 1994; Dorcas *et al.*, 2010). Cada uno de los sitios muestreados fue relevado por dos personas en al menos dos oportunidades durante la estación de lluvias (noviembre a marzo). Sumado a estos datos, se utilizaron los registros de la base de datos de la ex colección de anfibios de la Cátedra de Ecología de la Universidad Nacional de Río Cuarto (actualmente depositada en la colección de Herpetología de la Fundación Miguel Lillo) (FML), la base de datos de la colección de anfibios del Centro de Zoología Aplicada (CZAa) (Universidad Nacional de Córdoba) y registros puntuales de la Colección del Laboratorio de Genética Evolutiva del Instituto de Biología Subtropical (CONICET-UNaM) (LGE). Los registros personales y de las bases de datos de las colecciones citadas se complementaron con registros bibliográficos publicados (Ceí, 1972; Di Tada *et al.*, 1976, 1984; Giambelluca, 1991; Martori y Aun, 1995; Di Tada *et al.*, 1996; Avila *et al.*, 1999; Di Tada, 1999; Sinsch *et al.*, 2001; Martino y Sinsch, 2002; Jofré *et al.*, 2005; Rosset *et al.*, 2006; Jofré *et al.*, 2007; Céspedes, 2008; Ferraro y Casagrande, 2009; Kolenc *et al.*, 2009; Valetti *et al.*, 2009; Verga *et al.*, 2012; Baraquet *et al.*, 2013; Lescano *et al.*, 2013; Valetti *et al.*, 2013).

A partir de estas fuentes de información se georeferenciaron las localidades citadas para cada especie y se caracterizó el rango de distribución altitudinal de cada una de ellas. Se consideraron como localidades pertenecientes a las SPC aquellas ubicadas por encima de los 600 m s.n.m. en los sistemas serranos de Sierras Chicas, Sierra del Norte, Sierra Grande-Comechingones, Sierra de Pocho-Guasapampa y Sierra de San Luis.

#### Análisis de datos

Para analizar las variaciones en la riqueza y composición de especies en función de la altura se dividió el gradiente (2200 metros de desnivel) en clases de altura de 100 metros (con excepción de la clase de altura superior que va de los 2700 a los 2780 m s.n.m.). Si bien el número de clases de altura que se obtienen al dividir el gradiente de esta manera es de 22, no hay registros de especies para localidades ubicadas entre los 2400 y los 2600 m s.n.m. Por esta razón el total de clases de altura utilizadas para los análisis fue de 20.

Utilizando las distintas fuentes de información (datos personales, bibliográficos y de colecciones) se compiló un inventario de especies presentes para cada una de las distintas clases de altura. Posteriormente se analizaron los cambios en la riqueza en función de la altura mediante un análisis de correlación de Pearson (con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ ). Para detectar asociaciones entre las especies y las distintas clases de altura se utilizó un análisis no paramétrico de ordenamiento multivariado (non-metric multidimensional scaling analysis, NMDS) (Kruskal, 1964; Faith *et al.*, 1987). Este método produce una ordenación de las muestras en un espacio de pocas dimensiones a partir de la separación de las muestras en el espacio multidimensional generado por la ocurrencia de las especies en las clases de altura utilizadas (Urban *et al.*, 2002). El método NMDS no posee supuestos sobre la naturaleza de la respuesta de las especies a gradientes subyacentes y el algoritmo ha demostrado ser robusto ante la falta de linealidad en los datos (Minchin, 1987; Quinn y Keough, 2002). Finalmente se calculó el recambio de especies en el gradiente de altura mediante la obtención del índice de complementariedad (Colwell y Coddington, 1994) entre las clases de altura adyacentes.

El número de registros (datos individuales) en el sistema de estudio disminuye en función de la altura (Correlación de Pearson;  $r = -0.8$ ;  $p < 0.001$ ). Este patrón responde al hecho de que la superficie disponible para muestrear también disminuye a lo largo de las clases de altura definidas para el trabajo (Correlación de Pearson;  $r = -0.84$ ;  $p < 0.0001$ ). Al corregir el número de registros individuales en relación a la superficie ocupada por cada clase de altura se aprecia que no existe una correlación significativa entre el número de registros por unidad de superficie y la altura (Correlación de Pearson;  $r = 0.43$ ;  $p = 0.056$ ). Esto último deja en evidencia que el set de datos no se encontró afectado por posibles diferencias en la accesibilidad a las distintas clases de altura. Sumado a esto, para dejar constancia de la representatividad de los datos y los inventarios obtenidos en cada una de las clases de altura, se calcularon los valores del estimador de riqueza de especies Chao2 (Magurran, 2004; Walther y Moore, 2005) con el programa EstimateS. Dicho estimador se calculó para cada clase de altura con excepción de las dos clases superiores (2600-2700 y 2700-2780) en las cuales solo se cuenta con datos de una única localidad (Cerro Los Linderos y Cerro Champaquí respectivamente). La

escasez de localidades en estas alturas responde al hecho de que los sectores con alturas superiores a los 2600 m s.n.m. son muy escasos y sólo coinciden con los cerros puntuales mencionados más arriba.

## Resultados

Se registró un total de 24 especies de anfibios pertenecientes a cinco familias. De estas especies, 16 tienen distribución amplia a nivel nacional, cuatro pueden considerarse endémicas del sistema de las SPC y cuatro como micro-endémicas (endémicas de los sectores superiores del gradiente de altura). En la tabla 1 y en la figura 2 se presentan las especies registradas en las SPC junto con su distribución y estado de conservación.

El 50 % de las especies presentes en las SPC sólo ocupa la porción inferior del gradiente (no superan los 1500 m s.n.m) (Fig. 2), seis especies presentan una distribución altitudinal amplia ocupando tanto los sectores inferiores como los pisos superiores de las sierras. Las especies con mayor amplitud altitudinal son *Hypsiboas cordobae* y *Rhinella arenarum* (Fig. 2). Cuatro especies se encuentran restringidas a los sectores más altos de las sierras y por lo tanto se consideran micro-endemismos (*Rhinella achalensis*; *Pleurodema kriegi*; *P. cordobae* y *Odontophrynus achalensis*). Estas especies se distribuyen a partir de los 1600 m s.n.m, con excepción de *Pleurodema kriegi* que si bien está principalmente distribuida en sectores altos, su límite inferior de distribución altitudinal se encuentra en localidades ubicadas por debajo de los 1300 m s.n.m (ej.: 1292 m s.n.m en Charcato y 1226 m s.n.m en la localidad de Cerro Blanco, ambas en el departamento Punilla). En el Apéndice 1 se presentan los valores de los límites inferior y superior de distribución altitudinal de las especies que habitan las SPC.

La riqueza de especies disminuyó linealmente en función de la altura tal como puede observarse en la figura 3 y se encontró una fuerte correlación negativa entre estas dos variables ( $R = -0.95$ ;  $p < 0.0001$ ). La riqueza resultó máxima entre los 600 y los 700 m s.n.m (17 especies) y alcanzó valores mínimos por encima de los 2300 m s.n.m (cuatro especies). En la tabla 2 se presentan los valores de completitud de los inventarios de especies para cada clase de altura.

El análisis NMDS muestra la existencia de asociaciones entre las distintas clases de altura y las especies de anfibios que habitan las SPC (Fig. 4). En dicho análisis se destaca un grupo de especies ínti-

**Tabla 1.** Listado de familias y especies de anfibios presentes en las Sierras Pampeanas Centrales y su distribución regional.

Listado de especies	Distribución regional <sup>1</sup>
<b>Familia Ceratophryidae</b>	
<i>Ceratophrys cranwelli</i>	amplia
<b>Familia Bufonidae</b>	
<i>Rhinella arenarum</i>	amplia
<i>Rhinella schneideri</i>	amplia
<i>Rhinella achalensis</i>	microendémica
<i>Melanophryniscus stelzneri</i>	endémica
<i>Melanophryniscus estebani</i> *	endémica
<b>Familia Odontophrynidae</b>	
<i>Odontophrynus achalensis</i>	microendémica
<i>Odontophrynus occidentalis</i>	amplia
<i>Odontophrynus americanus</i>	amplia
<i>Odontophrynus cordobae</i> <sup>†</sup>	endémica
<b>Familia Hylidae</b>	
<i>Hypsiboas pulchellus</i>	amplia
<i>Hypsiboas cordobae</i>	endémica
<i>Phyllomedusa sauvagii</i>	amplia
<i>Scinax nasicus</i>	amplia
<b>Familia Leptodactylidae</b>	
<i>Physalaemus biligonigerus</i>	amplia
<i>Pleurodema tucumanum</i>	amplia
<i>Pleurodema kriegi</i> **	microendémica
<i>Pleurodema cordobae</i>	microendémica
<i>Leptodactylus bufonius</i>	amplia
<i>Leptodactylus chaquensis</i>	amplia
<i>Leptodactylus latinasus</i>	amplia
<i>Leptodactylus gracilis</i>	amplia
<i>Leptodactylus latrans</i>	amplia
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	amplia

<sup>1</sup>Distribución regional. Amplia: especies cuya distribución supera los relieves serranos de las provincias de Córdoba y San Luis. Endémica: especies cuya ocurrencia está limitada a los relieves serranos de Córdoba y San Luis. Micro-endémicas: especies cuya distribución está restringida a las cumbres y porciones superiores del gradiente de altura de las Sierras de Córdoba y San Luis. \* Se consideraron como ejemplares correspondientes al taxón *M. estebani* a aquellos pertenecientes a las localidades mencionadas en Céspedes (2008) así como a los ejemplares asignables a la especie de acuerdo a la descripción original (Céspedes *op. cit.*), sin embargo es necesario considerar los aspectos mencionados en la discusión del trabajo respecto a la distribución y el status taxonómico de dicha especie. \*\* De acuerdo con el relevamiento de Valetti *et al.* (2013) las poblaciones del complejo *P. kriegi-cordobae* ubicadas al sur de los 31°50' latitud sur se corresponden con *P. cordobae*. Por lo tanto en el presente trabajo se consideraron como *P. kriegi* a aquellas poblaciones de este complejo de poliploides ubicadas al norte de dicha latitud. Se resalta la necesidad de contar con un mapeo citotípico completo latitudinal y altitudinal de dicho complejo.

<sup>†</sup>Se considera a *Odontophrynus cordobae* como especie endémica ya que la mayor parte de las localidades conocidas para la especie coinciden con ambientes serranos, aunque existen algunas localidades extra-serranas mencionadas (ver Rosset *et al.*, 2006).

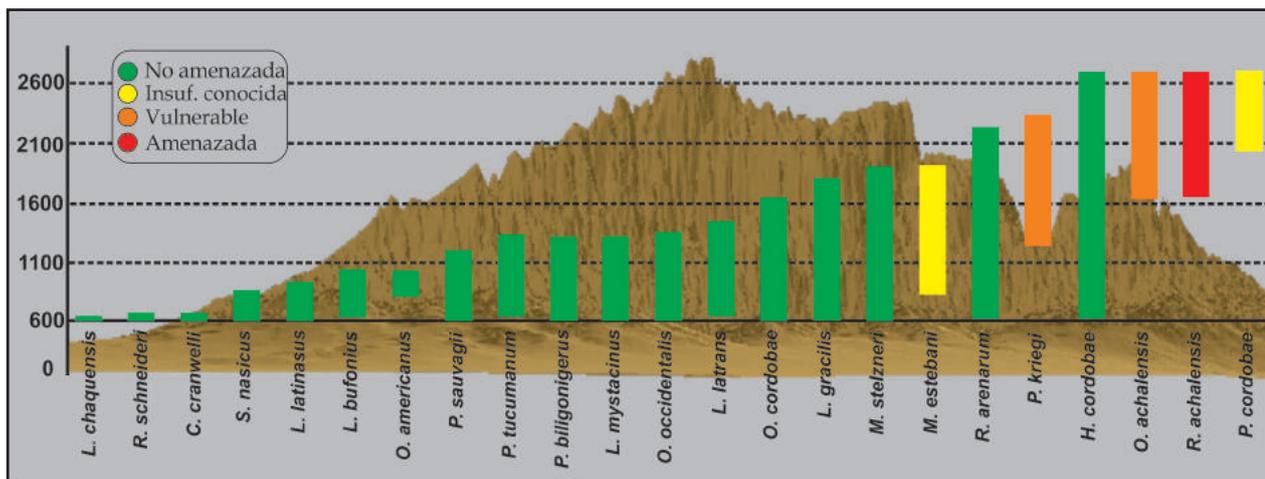
mamente asociado a las clases de altura superiores a los 1600 m s.n.m. El mayor valor de complementariedad (recambio de especies) registrado entre clases de altura adyacentes se da entre la clase correspondiente a los 1500-1600 m s.n.m y la clase superior inmediata (1600-1700 m s.n.m) (ver tabla 3).

### Discusión

Los resultados obtenidos indican que las Sierras Pampeanas Centrales presentan una fauna de anfibios diversa y distribuida de forma heterogénea a lo largo del gradiente de altura. Las 24 especies presentes en la región representan más del 70% del total de especies citadas para la provincia de Córdoba y superan en número al total de especies citadas para la provincia de San Luis (Vaira *et al.*, 2012).

Martori y Aun, (1995) en su listado de la herpetofauna de las sierras de Córdoba mencionan 19 especies de anfibios. Las diferencias respecto al número y composición de especies con el presente listado se deben a dos aspectos distintos. En primer lugar, el trabajo de Martori y Aun, (1995) no incluye a las especies que fueron descritas en la década pasada (Martino y Sinsch, 2002; Céspedes, 2008; Valetti *et al.*, 2009). En segundo lugar, el inventario de Martori y Aun, (*op. cit.*) incluye registros de especies en localidades extra-serranas (por ejemplo: Río Cuarto; La Posta, La Carlota entre otras), y que por lo tanto no formarían parte de la fauna de anfibios de las SPC (por ejemplo: *Rhinella fernandezae*).

De acuerdo con el análisis de ordenamiento realizado resultan evidentes grandes sectores altitudinales definidos por la distribución de la fauna de anfibios (Fig. 4). Las clases de altura más bajas (600 a 1200 m s.n.m) presentan una composición de especies particular ya que en ella co-existen algunas especies endémicas de las SPC (*Melanophryniscus stelzneri*; *Hypsiboas cordobae*; *Odontophrynus cordobae*) junto con especies de distribución amplia en el país (*Rhinella arenarum*; *Leptodactylus mystacinus*; *L. gracilis*; *L. latrans*; *Physalaemus biligonigerus* entre otras) y especies de distribución Chaqueña (*Leptodactylus chaquensis*; *Phyllomedusa sauvagii*; *Rhinella schneideri*; *Leptodactylus bufonius*) (ver figuras 2 y 4). Las especies chaqueñas alcanzan sus límites superiores de distribución altitudinal entre los 700 y los 1200 m s.n.m. determinando que los cambios



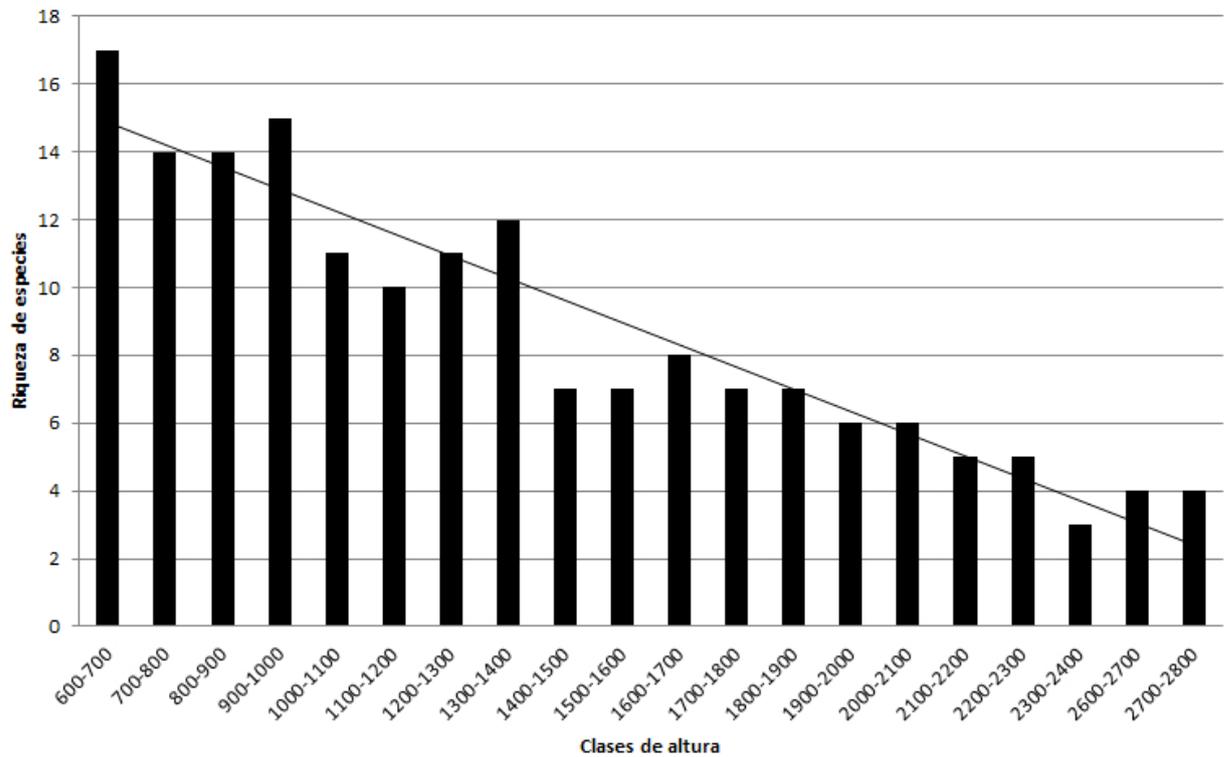
**Figura 2.** Imagen esquemática de un sector de las Sierras Pampeanas Centrales en el cual se muestra el rango altitudinal ocupado por las distintas especies de anfibios que las habitan. Los colores de las barras representan el estado de conservación de las especies de acuerdo con Vaira *et al.* (2012). No se incluye en la figura a *Hypsiboas pulchellus* dado que solo hay un registro para una única localidad (El Volcán, San Luis).

en la composición entre estas clases de altura adyacentes se den por la pérdida de especies (recambio por ausencia). Las clases de altura intermedias están asociadas con especies de distribución amplia, en ausencia casi total de formas netamente chaqueñas o de especies micro-endémicas de la porción superior del gradiente (i.e. no presentan una identidad definida por especies exclusivas de estas alturas). Las clases de altura superiores a los 1600 m s.n.m. presentan una fuerte asociación con las especies micro-endémicas (Figs. 2 y 4). El marcado cambio en la composición de especies observado a partir de estas clases de altura está asociado con la desaparición casi completa de especies de distribución amplia y por otro lado con la aparición de los micro-endemismos de altura (recambio por ausencia y por sustitución de especies), lo cual se vio reflejado en los valores del índice de complementariedad (Tabla 3).

Este patrón de zonación y los cambios en la composición de especies de anfibios observados en el presente trabajo son congruentes con los resultados obtenidos en otros ambientes de montaña donde también quedan definidas una zona de piedemonte dominada por especies de ambientes cálidos, seguida de una zona transicional y una última zona de altura definida por un grupo de especies asociadas a las cumbres (Zancolli *et al.*, 2014). Por otro lado, resulta interesante remarcar que la regionalización altitudinal de las SPC en función de la fauna de anfibios coincide en buena medida con el esquema fitogeográfico propuesto por Luti *et al.* (1979), ya que los sectores más bajos están definidos por su

afinidad con ambientes Chaqueños, y se rescata una zona de altura definida por especies exclusivas de los pastizales que se encuentran por arriba de los 1600 a 1700 m s.n.m. Sin embargo los sectores intermedios del gradiente (i.e. los sectores ocupados por el Romerillar en el esquema fitogeográfico mencionado) no presentan una identidad propia definida por especies de anfibios exclusivas (Fig. 2), lo cual es coincidente con propuestas fitogeográficas regionales más recientes (Giorgis, 2011).

El recambio de especies a lo largo del gradiente altitudinal de las SPC favorece a la diversidad regional del sistema. Sin embargo, dicho gradiente también condiciona fuertemente a la diversidad alfa (la riqueza de cada clase de altura) y determina una disminución gradual del número de especies a medida que se aumenta en altura (Fig. 3). Los sectores serranos con mayor diversidad son aquellos ubicados por debajo de los 1000 m s.n.m. (donde ocurre la mixtura entre especies serranas, chaqueñas y de distribución amplia). Si bien ciertos autores han encontrado un patrón similar de disminución lineal de la riqueza de anfibios en función de la altura (Fauth *et al.*, 1989; Zancolli *et al.*, 2014) otras comunidades de anfibios muestran una respuesta unimodal donde la riqueza de especies alcanza valores máximos en alturas intermedias (Fu *et al.*, 2006). De acuerdo con Fu *et al.* (2006) los patrones de riqueza específica de anfibios en gradientes de altura responden a una mixtura de factores climáticos y efectos de área. Los resultados y los análisis realizados para el presente trabajo no permiten especular sobre las razones de la forma de la respuesta de la riqueza de anfibios en



**Figura 3.** Variaciones en la riqueza de especies de anfibios a lo largo del gradiente de altura de las Sierras Pampeanas Centrales.

las SPC, sin embargo estos aspectos resultan de gran interés para estudios posteriores.

Tal como puede observarse en las figuras 2 y 4, las especies micro-endémicas de las SPC están restringidas a las porciones superiores del gradiente. Sin embargo, es necesario destacar que algunas de estas especies encuentran su límite inferior de distribución altitudinal en sectores relativamente bajos. La especie micro-endémica con el límite altitudinal inferior más bajo es *Pleurodema kriegi*. Los hallazgos de esta especie en localidades ubicadas entre los 1200 y los 1300 m s.n.m. contrastan con las menciones de diversos autores que consideran a *P. kriegi* como especie endémica o íntimamente asociada a la Pampa de Achala (Barrio, 1977; Bridarolli y Di Tada, 1994; Di Tada, 1999; Ferraro y Casagrande, 2009; Valetti *et al.*, 2009). La distribución registrada en el presente trabajo sugiere (en coincidencia con Kolenc *et al.*, 2009) que el límite altitudinal inferior de *P. kriegi* supera ampliamente los límites de la Pampa de Achala (una altiplanicie de altura ubicada entre los 1800 y los 2200 m s.n.m. dentro de las SPC).

Respecto a las especies endémicas que ocupan la porción inferior del gradiente es interesante remarcar que, a diferencia de lo sugerido por Céspedes (2008), las dos especies del género *Melanophryniscus*

que habitan las SPC presentan una distribución altitudinal similar. Céspedes (2008) menciona que *M. estebani* estaría restringida a sectores serranos superiores a los 1700 m s.n.m., y que *M. stelzneri* ocuparía los sectores inferiores. Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que *M. estebani* y *M. stelzneri* son especies simpátricas en su distribución altitudinal. Respecto a estas especies resulta importante aclarar que ambas son sintópicas y es frecuente encontrar ejemplares difícilmente asignables a una u otra especie en función de los caracteres distintivos mencionados por Céspedes (2008) (JNL obs. pers.). Considerando estas observaciones resultaría interesante realizar un análisis exhaustivo del status taxonómico y de la distribución de este complejo de especies.

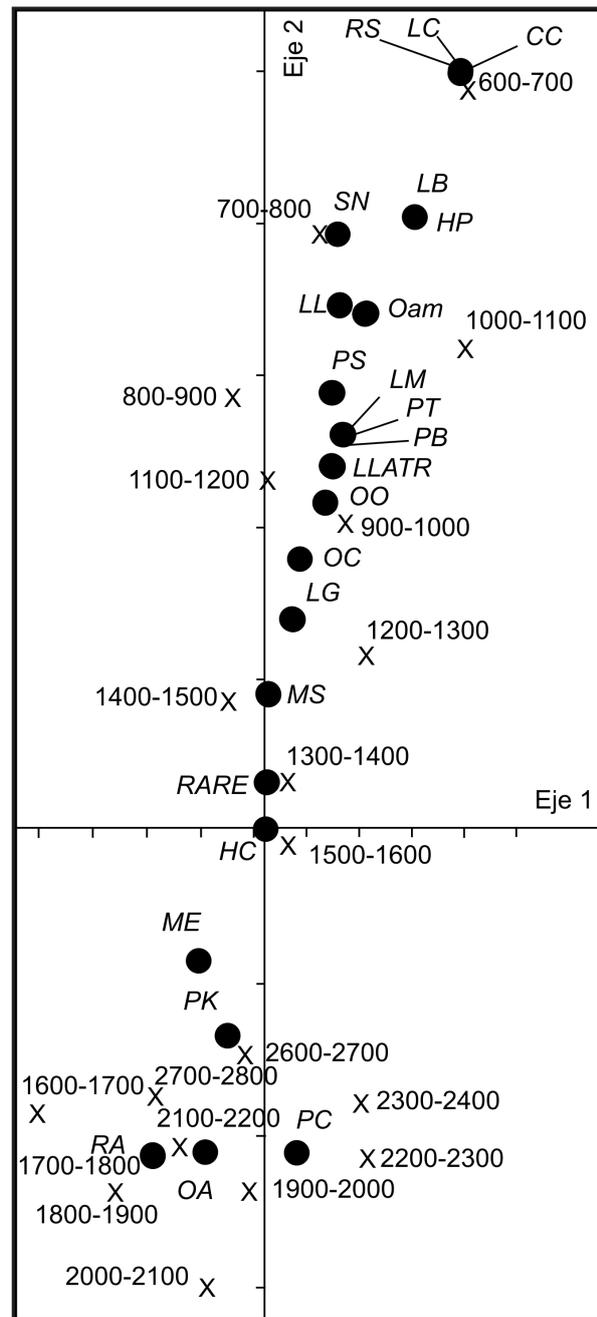
De acuerdo con Vaira *et al.* (2012) cuatro de las especies que habitan las SPC se encuentran bajo alguna categoría de amenaza. Es interesante destacar que todas las especies vulnerables o amenazadas son micro-endemismos asociados a los Pastizales y Bosquecillos de altura remarcando la importancia de estas formaciones vegetales para la conservación de los anfibios de las SPC. En general las especies asociadas a estas porciones superiores del gradiente presentan poblaciones abundantes y de frecuente

**Tabla 2.** Riqueza observada (S obs), riqueza estimada (S est) y completitud del inventario en cada una de las clases de altura de las Sierras Pampeanas Centrales.

Clase de altura	S (obs)	S (est)	Completitud
600-700	17	17	100,0
700-800	14	14,57	96,1
800-900	14	14	100,0
900-1000	15	22,06	68,0
1000-1100	11	11	100,0
1100-1200	10	10,23	97,8
1200-1300	11	11,13	98,8
1300-1400	12	12,08	99,3
1400-1500	7	7	100,0
1500-1600	7	7	100,0
1600-1700	8	8	100,0
1700-1800	7	7	100,0
1800-1900	7	7	100,0
1900-2000	6	6	100,0
2000-2100	6	6	100,0
2100-2200	5	5	100,0
2200-2300	5	5	100,0
2300-2400	3	3	100,0
2600-2700	4	-	-
2700-2800	4	-	-

hallazgo, con excepción de la especie amenazada *Rhinella achalensis* la cual es rara y poco abundante (Lescano, 2012; Verga *et al.*, 2012; Lescano *et al.*, 2013). Esto último contrasta fuertemente con menciones y trabajos anteriores sobre *R. achalensis* (Sinsch *et al.*, 2001; Giambelluca, 1991; Di Tada *et al.*, 1996; Avila *et al.*, 1999; Jofré, 2004) y sugiere que quizá algunas poblaciones de dicha especie sufrieron declinaciones poblacionales en años recientes.

Lavilla (2001) menciona como amenaza (real o potencial) para los anfibios endémicos de este sistema a la ganadería. Verga *et al.* (2012) analizaron el impacto de este factor sobre los ensamblajes de anfibios de los pastizales de altura de las SPC al comparar un área excluida de ganado durante 14 años con un área con ganadería extensiva. Los resultados obtenidos sugieren que la ganadería extensiva no tiene un impacto negativo sobre estos ensamblajes, sin embargo los autores mencionan la necesidad de evaluar el impacto de un manejo ganadero más intensivo. Por otro lado, los anfibios endémicos del área también enfrentan otras amenazas tales como la introducción de peces depredadores (*Onchorhynchus mykiss* y *Salvelinus fontinalis*) (obs. pers.)



**Figura 4.** Gráfico bi-plot resultante del análisis multivariado N-MDS donde se aprecian las asociaciones entre la ocurrencia de las especies y las clases de altura en las que se dividió a las sierras pampeanas de Córdoba y San Luis. Abreviaturas: PC: *Pleurodema cordobae*; OA: *Odontophrynus achalensis*; Oam: *Odontophrynus americanus*; RA: *Rhinella achalensis*; PK: *Pleurodema kriegii*; ME: *Melanophryniscus estebani*; HC: *Hypsiboas cordobae*; HP: *Hypsiboas pulchellus*; MS: *Melanophryniscus stelzneri*; LG: *Leptodactylus gracilis*; OC: *Odontophrynus cordobae*; OO: *Odontophrynus occidentalis*; PB: *Physalaemus biligonigerus*; PT: *Pleurodema tucumanum*; LLATR: *Leptodactylus latrans*; LM: *Leptodactylus mystacinus*; PS: *Phyllomedusa sauvagii*; LL: *Leptodactylus latinasus*; SN: *Scinax nasicus*; LB: *Leptodactylus bufonius*; LC: *Leptodactylus chaquensis*; RS: *Rhinella schneideri*; CC: *Ceratophrys cranwelli*. Las X representan la posición de las clases de altura y los círculos la posición de las especies en el espacio multivariado.

**Tabla 3.** Valores del índice de complementariedad de Colwell y Coddington, (1994) entre clases de altura adyacentes. En negrita se resalta el mayor valor de complementariedad obtenido.

Clases de altura adyacentes	Complementariedad
600-700 vs 700-800	0,18
700-800 vs 800-900	0,13
800-900 vs 900-1000	0,19
900-1000 vs 1000-1100	0,31
1000-1100 vs 1100-1200	0,23
1100-1200 vs 1200-1300	0,08
1200-1300 vs 1300-1400	0,15
1300-1400 vs 1400-1500	0,33
1400-1500 vs 1500-1600	0,13
1500-1600 vs 1600-1700	<b>0,64</b>
1600-1700 vs 1700-1800	0,22
1700-1800 vs 1800-1900	0,00
1800-1900 vs 1900-2000	0,25
1900-2000 vs 2000-2100	0,38
2000-2100 vs 2100-2200	0,29
2100-2200 vs 2200-2300	0,33
2200-2300 vs 2300-2400	0,20
2300-2400 vs 2600-2700	0,40
2600-2700 vs 2700-2800	0,40

y la quitridiomycosis (Ghirardi *et al.*, 2009; Lescano *et al.*, 2013; Gutierrez *et al.*, 2012). Considerando estos factores de amenaza y teniendo en cuenta la relevancia del cambio climático para las especies que habitan sistemas de montaña, consideramos que el presente trabajo aporta información de base que podrá resultar útil para monitorear y evaluar eventuales cambios en la distribución, composición y riqueza de los ensamblajes de anfibios de las Sierras Pampeanas.

### Agradecimientos

A Silvana Longo y Emiliano Galli por su significativa colaboración en las actividades de campo. Al Dr. Ricardo Martori por facilitar la base de datos de la ex colección de anfibios de la Cátedra de Ecología (UNRC) (actualmente depositada en la Fundación Miguel Lillo). A Diego Baldo por brindarnos información sobre la colección del Laboratorio de Genética Evolutiva del Instituto de Biología Subtropical. A las autoridades de la Secretaría de Ambiente de la Provincia de Córdoba y a la Administración de Parques Nacionales por los permisos correspondientes para las actividades de campo. JN y EV agradecen al

Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Córdoba. El presente trabajo contó con el apoyo de Rufford Small Grants Foundation. JNL, JN & GCL agradecen el apoyo económico de MIN-CyT (PID 2010, proyecto #000113/2011) y FONCYT (PICT-2013-1607).

### Literatura citada

- Avila, L.J.; Morando, M. & Priotto, J.W. 1999. Amphibia and Reptilia of the high grasslands of the Sierra de Comenchingones, Córdoba, Argentina. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 35: 97-113.
- Baldo, E.G.; Saavedra, J.; Rapela, C.W.; Pankhurst, R.J.; Casquet, C. & Galindo, C. 1999. Síntesis geocronológica de la evolución paleozoica inferior del borde sur occidental de Gondwana en las Sierras Pampeanas, Argentina. *Acta Geológica Hispánica* 32: 17-28.
- Baraquet, M.; Salas, N.E. & Martino, A.L. 2013. Advertisement Calls and Interspecific Variation in *Hypsiboas cordobae* and *Hypsiboas pulchellus* (Anura, Hylidae) from Central Argentina. *Acta Zoologica Bulgarica* 65: 479-486.
- Barrio, A. 1977. Aportes para la elucidación del "status" taxonómico de *Pleurodema bibroni* Tschudi y *Pleurodema kriegi* (Müller) (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Physis* 37: 311-331.
- Benito, B.; Lorite, J. & Peñas, J. 2011. Simulating potential effects of climatic warming on altitudinal patterns of key species in Mediterranean-alpine ecosystems. *Climatic Change* 108: 471-483.
- Bridarolli, M.E. & Di Tada, I.E. 1994. Biogeografía de los Anfibios de la región central de Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 8: 63-82.
- Bridarolli, M.E. & Di Tada, I.E. 1996. Algunos aspectos de la geografía física de la provincia de Córdoba. En: Di Tada I.E. & Bucher E.H. (eds.), Biodiversidad de la provincia de Córdoba. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Cabido, M. & Acosta, A. 1985. Estudio fitosociológico en bosques de *Polylepsis australis* BITT ("Tabaquito") en las Sierras de Córdoba, Argentina. *Documents Phytosociologiques* 9: 385-400.
- Cabido, M.; Funes, G.; Pucheta, E.; Vendramini, F. & Díaz, S. 1998. A chorological analysis of the mountains from Central Argentina. Is all what we call Sierra Chaco really Chaco? Contribution to the study of the flora and vegetation of the Chaco. XII. *Candollea* 53: 321-331.
- Capitanelli, R.G. 1979. Clima. 45-138. En: Vázquez, J.B.; Miatello, R.A. & Roqué, M.A. (eds.), Geografía Física de la provincia de Córdoba. Buenos Aires, Editorial Bold.
- Cei, J.M. 1972. Segregación corológica y procesos de especiación por aislamiento en anfibios de la Pampa de Achala, Córdoba. *Acta Zoologica Lilloana* 29: 233-246.
- Cei, J.M. 1980. Amphibians of Argentina. *Monitore Zoologico Italiano, Monograph* 2: 1-609.
- Céspedes, J.A. 2008. Una nueva especie de *Melanophryniscus* Gallardo, 1961 de Argentina (Amphibia: Anura: Bufonidae). *FACENA* 24: 35-48.
- Cingolani, A.M.; Noy-Meir, I.; Renison, D.D. & Cabido, M. 2008. La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología Austral* 18:

- 253-271.
- Cingolani, A.M.; Renison, D.; Zak, M.R. & Cabido, M.R. 2004. Mapping vegetation in a heterogeneous mountain rangeland using landsat data: an alternative method to define and classify land-cover units. *Remote Sensing Environment* 92: 84-97.
- Cingolani, A.M.; Vaieretti, M.V.; Giorgis, M.A.; Poca, M.; Tecco, P.A. & Gurvich, D.E. 2014. Can livestock grazing maintain landscape diversity and stability in an ecosystem that evolved with wild herbivores? *Perspect. Plant Ecology Evolution and Systematics* doi:10.1016/j.ppees.2014.04.002.
- Colwell, R.K. & Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 345: 101-118.
- Crump, M.L. & Scott Jr., N.J. 1994. Visual encounter surveys. 84-92. *En: Heyer, W.R.; Donnelly, M.A.; McDiarmid, R.W.; Hayek, L.C. & Foster, M.S. (eds.), Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*, Smithsonian Institution Press, Washington.
- Di Tada, I.E. 1999. Patrones de distribución de los anfibios anuros de la provincia de Córdoba. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Di Tada, I.E.; Barla, M.J.; Martori, R.A. & Cei, J.M. 1984. *Odontophrynus achalensis* una nueva especie de anfibio de la Pampa de Achala (Córdoba, Argentina). *Historia Natural* 4: 149-155.
- Di Tada, I.E.; Zavattieri, M.V.; Bridarolli, M.E.; Salas, N.E. & Martino, A.L. 1996. Anfibios anuros de la provincia de Córdoba. 191-241. *En: Di Tada, I.E. & Bucher, E.H. (eds.), Biodiversidad de la Provincia de Córdoba*. Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.
- Di Tada, I.E.; Salusso, M. & Martori, R. 1976. Lista de los batracios de Córdoba con notas sobre su historia natural. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 51: 325-362.
- Di Tada, I.E.; Zavattieri, M.V. & Martino, A.L. 1996. Análisis estructural del canto nupcial de *Hyla pulchella cordobae* (Amphibia: Hylidae) en la provincia de Córdoba (Argentina). *Revista Española de Herpetología* 10: 7-11.
- Dorcas, M.E.; Price, S.J.; Walls, S.C. & Barichivich, W.J. 2010. Auditory monitoring of anuran populations: 281-298. *En: Dodd, C.K. (ed.), Amphibian ecology and conservation, a handbook of techniques*. Oxford University Press, Oxford.
- Engler, R.; Randin, C.F.; Thuiller, W.; Dullinger, S.; Zimmermann, N.E.; Araújo, M.B. & Guisan, A. 2011. 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global Change Biology* 17: 2330-2341.
- Faith, D.P.; Minchin, P.R. & Belbin, L. 1987. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. *Vegetatio* 69: 57-68.
- Fauth, J.E.; Crother, B.I. & Slowinski, J.B. 1989. Elevational patterns of species richness, evenness, and abundance of the Costa Rican leaf-litter herpetofauna. *Biotropica* 21: 178-185.
- Ferraro, D. & Casagrande, M.D. 2009. Geographic distribution of the genus *Pleurodema* in Argentina (Anura: Leiuperidae). *Zootaxa* 55: 33-55.
- Fu, C.; Hua, X.; Li, J.; Chang, Z.; Pu, Z. & Chen, J. 2006. Elevational patterns of frog species richness and endemic richness in the Hengdian Mountains, China: geometric constraints, area and climate effects. *Ecography* 6: 919-927.
- Gaston, K.J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.
- Gavier, G.; Kufner, M.B.; Giraudo, L.; Sironi, M.; Altrichter, M. & Tamburini, D. 2003. Comunidades herpetológicas de la reserva La Quebrada, Río Ceballos, Córdoba (Argentina). *Cuadernos de Herpetología* 17: 51-64.
- Ghirardi, R.; Lescano, J.N.; Longo, M.S.; Robledo, G.; Steciow, M. & Perotti, M.G. 2010. *Batrachochytrium dendrobatidis* in Argentina: first record in *Leptodactylus gracilis* and another record in *Leptodactylus ocellatus*. *Herpetological Review* 40: 175-176.
- Giambelluca, L.A. 1991. Nueva cita de *Bufo achalensis* Cei, 1972. *Boletín de la Asociación Herpetológica Argentina* 7: 21-22.
- Giorgis, M.A. 2011. Caracterización florística y estructural del Bosque Chaqueño Serrano (Córdoba) en relación a gradientes ambientales y de uso. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Grinnell, J. 1924. Geography and evolution. *Ecology* 5: 225-229.
- Gutierrez, R.F.; Arellano, M.L.; Moreno, L.E. & Natale, G.S. 2010. *Batrachochytrium dendrobatidis* in Argentina: first record of infection in *Hypsiboas cordobae* and *Odontophrynus occidentalis* tadpoles, in San Luis province. *Herpetological Review* 41: 323-324.
- Haslett, J.R. 1997. Mountain ecology: Organism responses to environmental change, an introduction. *Global Ecology and Biogeography* 6: 3-6.
- Jofré, M.G. 2004. Autoecología del Sapo Achaleño Cei, 1972. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Jofré, G.; Reading, C. & Di Tada, I. 2007. Habitat selection in the Pampa de Achala toad, *Bufo achalensis*. *Amphibia-Reptilia* 28: 129-138.
- Jofré, G.M.; Reading, C.J. & Di Tada, I.E. 2005. Breeding behaviour and reproduction in the Pampa de Achala toad, *Bufo achalensis*. *Amphibia-Reptilia* 26: 451-458.
- Kolenc, F.; Borteiro, C.; Baldo, D.; Ferraro, D.P. & Prigioni, C. 2009. The tadpoles and advertisement calls of *Pleurodema bibroni* Tschudi and *Pleurodema kriegi* (Müller), with notes on their geographic distribution and conservation status. *Zootaxa* 1969: 1-35.
- Kruskal, J. 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to nonmetric hypothesis. *Psychometrika* 29: 1-27.
- Lavilla, E.O. 2001. Amenazas, declinaciones poblacionales y extinciones en anfibios Argentinos. *Cuadernos de Herpetología* 15: 59-82.
- Lenoir, J.; Gégout, J.C.; Marquet, P.A.; de Ruffray, P. & Brisse, H. 2008. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20<sup>th</sup> century. *Science* 320: 1768-1770.
- Lescano, J.N. 2012. *Rhinella achalensis* (Ceí, 1972). Sapo de Achala. *En: Categorización del Estado de Conservación de la Herpetofauna de la República Argentina*. Ficha de los Taxones. Anfibios. *Cuadernos de Herpetología* 26 (S1): 53.
- Lescano, J.N.; Longo, S. & Robledo, G. 2013. Chytridiomycosis in endemic amphibians of the mountain tops of the Córdoba and San Luis ranges, Argentina. *Diseases of Aquatic Organisms* 102: 249-54.
- Lomolino, M.V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography* 10: 3-13.
- Luti, R.; Bertrán De Solís, M.A.; Galera, M.F.; Muller de Ferreira, M.; Bersal, M.; Nores, M.; Herrera, M.A. & Barrera, J.C. 1979. Vegetación. 297-368. *En: Vasquez, J.B.; Miatello, R.A.*

- & Roqué, M.E. (eds), Geografía física de la provincia de Córdoba. Buenos Aires, Argentina, Editorial Bold.
- Magurran, A. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Martino, A.L. & Sinsch, U. 2002. Speciation by polyploidy in *Odontophrynus americanus*. *Journal of Zoology* 257: 67-81.
- Martori, R.A. & Aun, L. 1995. Relevamiento de la herpetofauna de las Sierras Pampeanas del este en la provincia de Córdoba (Argentina) (registro de taxa y comentarios taxonómicos). *Acta Zoologica Lilloana* 43: 88-95.
- Minchin, P.R. 1987. An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. *Vegetatio* 69: 89-107.
- Nores, M. & Yzurieta, D. 1983. Especiación en las Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis (Argentina), con descripción de siete nuevas subespecies de aves. *El Hornero* Nro. especial: 88-102.
- Nores, M. 1995. Insular biogeography of birds on mountain-tops in north western Argentina. *Journal of Biogeography* 22: 61-70.
- Pereyra, L.; Lescano, J.N. & Leynaud, G. 2011. Breeding-site selection by red-belly toads, *Melanophryniscus stelzneri* (Anura: Bufonidae), in Sierras of Córdoba, Argentina. *Amphibia-Reptilia* 32: 105-112.
- Polop, J.J. 1989. Distribution and ecological observations of wild rodents in Pampa de Achala, Córdoba, Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 24: 53-59.
- Prado, D.E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? I. A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. V. *Candollea* 48: 145-172.
- Rapela, C.W.; Casquet, C.; Baldo, E.G.; Dahlquist, J.; Pankhurst, R.J.; Galindo, C. & Saa. 2001. Las Orogénesis del Paleozoico Inferior en el margen proto-andino de América del Sur, Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27: 23-41.
- Robledo, G.; Urcelay, C.; Domínguez, L. & Rajchenberg, M. 2006. Taxonomy, ecology and biogeography of Polypores (Basidiomycetes) from Argentinian *Polylepis* woodlands. *Canadian Journal of Botany* 84: 1561-1572.
- Robledo, G.; Urcelay, C. & Rajchenberg, M. 2003. New species causing decay on living *Polylepis australis* in Córdoba, central Argentina. *Mycologia* 95: 347-353.
- Robledo, G. & Renison, D. 2010. Wood-decaying polypores in the mountains of Central Argentina in relation to *Polylepis* forest structure and altitude. *Fungal Ecology* 3: 178-184.
- Rosset, S.D.; Baldo, D.; Lanzone, C. & Basso, N.G. 2006. Review of the geographic distribution of diploid and tetraploid populations of the *Odontophrynus americanus* species complex (Anura : Leptodactylidae). *Journal of Herpetology* 40: 465-477.
- Scott, N.J. & Woodward, B.D. 1994. Relevamiento de lugares de reproducción: 80-86. *En: Heyer, W.R.; Donnelly, M.A.; McDiarmid, R.W.; Hayek, L.C. & Foster, M.S. (eds.). Medición y monitoreo de la diversidad biológica: Métodos estandarizados para anfibios.* Smithsonian Institution Press & Editorial Universitaria de la Patagonia, Washington.
- Sinsch, U.; Di Tada, I.E. & Martino, A.L. 2001. Longevity, demography and sex-specific growth of the Pampa de Achala toad, *Bufo achalensis* CEI, 1972. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36: 95-104.
- Sundqvist, M.K.; Sanders, N.J. & Wardle, D.A. 2013. Community and ecosystem responses to elevational gradients: processes, mechanisms, and insights for global change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 44: 261-280.
- Urban, D.; Goslee, S.; Pierce, K. & Lookingbill, T. 2002. Extending community ecology to landscapes. *Ecoscience* 9: 200-230.
- Vaira, M.; Akmentins, M.; Attademo, A.; Baldo, D.; Barrasso, D.; Barrionuevo, S.; Basso, N.; Blotto, B.; Cairo, S.; Cajade, R.; Céspedes, J.; Corbalán, V.; Chilote, P.; Duré, M.; Falcione, C.; Ferraro, D.; Gutierrez, F.; Ingaramo, M.R.; Junges, C.; Lajmanovich, R.; Lescano, J.N.; Marangoni, F.; Martinazzo, L.; Marti, R.; Moreno, L.; Natale, G.S.; Pérez Iglesias, J.; Peltzer, P.; Quiroga, L.; Rosset, S.; Sanabria, E.; Sanchez, L.; Schaefer, E.; Úbeda, C. & Zaracho, V. 2012. Categorización del estado de conservación de los Anfibios de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26: 131-159.
- Valetti, J.A.; Otero, M.A.; Grenat, P.R.; Salas, N.E. & Martino, A.L. 2013. Currently known geographical distribution of *Pleurodema cordobae* Valetti, Salas & Martino 2009 (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae) in Sierra Grande of Córdoba. *Herpetology Notes* 6: 559-561.
- Valetti, J.A.; Salas, N.E. & Martino, A.L. 2009. A new polyploid species of *Pleurodema* (Anura : Leiuperidae) from Sierra de Comechingones, Córdoba, Argentina and redescription of *Pleurodema kriegi* (Müller, 1926). *Zootaxa* 2073: 1-21.
- Verga, E.G.; Leynaud, G.C.; Lescano, J.N. & Bellis, L.M. 2012. Is livestock grazing compatible with amphibian diversity in the High Mountains of Córdoba, Argentina? *European Journal of Wildlife Research* 58: 823-832.
- Walther, B.A. & Moore, J.L. 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography* 28: 815-829.
- Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30: 279-338.
- Zancolli, G.; Steffan-Dewenter, I. & Rödel, M-O. 2014. Amphibian diversity on the roof of Africa: unveiling the effects of habitat degradation, altitude and biogeography. *Diversity and Distributions* 20: 297-308.

**Apendice 1.** Tabla a. Límite inferior de distribución altitudinal de los anfibios de las Sierras Pampeanas Centrales.

Especies	Límite inferior (m s.n.m.)	Localidad	Fuente
<i>Ceratophrys cranwelli</i>	600	Río Ceballos (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Rhinella arenarum</i>	600	Río Ceballos (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Rhinella schneideri</i>	600	Las Peñas (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Rhinella achalensis</i>	1632	RN 20 Km 95 (Córdoba)	Ex colección Anfibios UNRC-ECO
<i>Melanophryniscus stelzneri</i>	600	Alta Gracia (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Melanophryniscus estebani</i>	826	Alpa Corral (Córdoba)	Céspedes, 2008
<i>Odontophrynus achalensis</i>	1610	Mataderos (Córdoba)	Este trabajo
<i>Odontophrynus occidentalis</i>	600	Cerro Colorado (Córdoba)	Este trabajo
<i>Odontophrynus americanus</i>	805	Santa Rosa de Conlara (San Luis)	Rosset <i>et al.</i> , 2006
<i>Odontophrynus cordobae</i>	600	Alta Gracia (Córdoba)	Rosset <i>et al.</i> , 2006
<i>Hypsiboas pulchellus</i>	1000	El Volcan (San Luis)	LGE 9222-5
<i>Hypsiboas cordobae</i>	600	Cerro Colorado (Córdoba)	Este trabajo
<i>Phyllomedusa sauvagii</i>	600	Cerro Colorado (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Scinax nasicus</i>	600	Río Ceballos (Córdoba)	Este trabajo
<i>Physalaemus biligonigerus</i>	600	Cerro Colorado (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Pleurodema tucumanum</i>	638	Berrotarán (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Pleurodema kriegi</i>	1226	Cerro Blanco (Córdoba)	Este trabajo
<i>Pleurodema cordobae</i>	2015	Los Tabaquillos (Córdoba)	Valletti <i>et al.</i> , 2009
<i>Leptodactylus bufonius</i>	620	Villa Gral. Mitre (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Leptodactylus chaquensis</i>	600	Cerro Colorado (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Leptodactylus latinasus</i>	600	Santa Rosa de Calamuchita (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Leptodactylus gracilis</i>	600	Cerro Colorado (Córdoba)	Este trabajo
<i>Leptodactylus latrans</i>	610	La Bolsa (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	600	Cerro Colorado (Córdoba)	Este trabajo

**Apendice 1.** Tabla b. Límite superior de distribución altitudinal de los anfibios de las Sierras Pampeanas Centrales.

Especies	Límite superior (m s.n.m.)	Localidad	Fuente
<i>Ceratophrys cranwelli</i>	650	Salsipuedes (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Rhinella arenarum</i>	2220	La Posta (Córdoba)	Este trabajo
<i>Rhinella schneideri</i>	640	San Marcos Sierras (Córdoba)	Este trabajo
<i>Rhinella achalensis</i>	2735	Cerro Champaquí (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Melanophryniscus stelzneri</i>	1900	Cuchilla Nevada (Córdoba)	Este trabajo
<i>Melanophryniscus estebani</i>	1907	Cuchilla Nevada (Córdoba)	Este trabajo
<i>Odontophrynus achalensis</i>	2735	Cerro Champaquí (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Odontophrynus occidentalis</i>	1350	Characato (Córdoba)	Este trabajo
<i>Odontophrynus americanus</i>	1000	El Volcan (San Luis)	Rosset <i>et al.</i> , 2006
<i>Odontophrynus cordobae</i>	1610	Mataderos (Córdoba)	Este trabajo
<i>Hypsiboas pulchellus</i>	1000	El Volcan (San Luis)	LGE 9222-5
<i>Hypsiboas cordobae</i>	2735	Cerro Champaquí (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Phyllomedusa sauvagii</i>	1200	Tala Cañada (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Scinax nasicus</i>	867	Tanti (Córdoba)	Este trabajo
<i>Physalaemus biligonigerus</i>	1300	Villa Benegas (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Pleurodema tucumanum</i>	1320	Characato (Córdoba)	Este trabajo
<i>Pleurodema kriegi</i>	2310	Cerro Los Gigantes (Córdoba)	Este trabajo
<i>Pleurodema cordobae</i>	2735	Cerro Champaquí (Córdoba)	Di Tada, 1999 (citada como <i>P. kriegi</i> , ver comentarios en tabla 1 al respecto)

<i>Leptodactylus bufonius</i>	1050	Las Palmas (Córdoba)	Este trabajo
<i>Leptodactylus chaquensis</i>	600	Cerro Colorado (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Leptodactylus latinasus</i>	920	Cañada del Sauce (Córdoba)	Di Tada, 1999
<i>Leptodactylus gracilis</i>	1800	Cerro Los Gigantes (Córdoba)	Este trabajo
<i>Leptodactylus latrans</i>	1430	Pampa de la Hollada (Córdoba)	Este trabajo
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	1315	Characato (Córdoba)	Este trabajo

© 2014 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>



# Tadpole morphology of *Leptodactylus plaumanni* (Anura: Leptodactylidae), with comments on the phylogenetic significance of larval characters in *Leptodactylus*

Jimena R. Grosso

Unidad Ejecutora Lillo - Instituto de Herpetología, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Miguel Lillo 251, 4000 S. M. de Tucumán, Argentina.

Recibido: 05 Diciembre 2014

Revisado: 19 Diciembre 2014

Aceptado: 30 Diciembre 2014

Editor Asociado: M. F. Vera Candiotti

## ABSTRACT

In this paper I summarize the morphology of the *Leptodactylus plaumanni* tadpoles, describing the external morphology, buccal cavity, and cranial skeleton and associated muscles. A distinctive combination of traits include the truncated snout in dorsal view, dorsal fin originated anterior to the body-tail junction, submarginal papillae present in some specimens, two slight indentations in the lower lip, ceratobranchial III free from the hypobranchial plate, small ventrolateral projections of the corpus of the suprarostril cartilage, m. subarcualis rectus I with three heads, and m. subarcualis rectus II-IV inserting in ceratobranchial I and connective tissue between branchial processes II and III. The buccal cavity shares the typical features in species of the group, namely four lingual papillae, two pairs of infralabial papillae, two postnarial papillae, and one pair of not branched lateral ridge papillae. Attending to the increasing role of larval characters in phylogenetic analyses, further research is needed to understand the evolution of tadpole morphology in this genus.

Key words: Buccal Cavity; Chondrocranium; Cranial Musculature; *Leptodactylus fuscus* Species Group

## RESUMEN

En este trabajo resumo la morfología larval de *Leptodactylus plaumanni*, describiendo su morfología externa, cavidad bucal, esqueleto craneal y músculos asociados. Una combinación distintiva de caracteres incluye el rostro truncado en vista dorsal, aleta dorsal originada anterior a la unión cuerpo-cola, papilas submarginales en algunos especímenes, dos pequeñas escotaduras en el labio inferior, ceratobranchial III no fusionado al hipobranquial, pequeños procesos en el cuerpo y alas del suprarostril, m. subarcualis rectus I con tres haces, y m. subarcualis rectus II-IV inserto en el ceratobranquial I y en tejido conectivo entre los procesos branquiales II y III. La cavidad bucal comparte los rasgos típicos de las especies del grupo, por ejemplo las cuatro papilas linguales, dos pares de papilas infralabiales, dos papilas postnariales, y un par de papilas laterales no ramificadas. Atendiendo al creciente rol de los caracteres larvales en análisis filogenéticos, investigaciones adicionales son necesarias para interpretar la evolución de la morfología larval en este género.

Palabras clave: Cavidad Bucal; Condrocraáneo; Musculatura Craneal; Grupo *Leptodactylus fuscus*.

## Introduction

The White Lipped Frog *Leptodactylus plaumanni* (Ahl, 1936) is a medium sized leptodactylid distributed from northeastern Misiones (Argentina) to south Brazil (Santa Catarina, Parana, and Rio Grande do Sul states). It belongs to the *L. fuscus* group (Heyer, 1978), which, as redefined by de Sá

*et al.* (2014), currently comprises another 30 species including *L. siphax* and *L. laticeps* formerly in the *L. pentadactylus* group.

Larval stages of almost all species in the *Leptodactylus fuscus* group are known, excepting *L. didymus*, *L. laticeps*, *L. labrosus*, *L. poecilochilus*,

*L. sertanejo*, and *L. ventrimaculatus*, whereas the tadpole of *L. plaumanni* was only described as part of a PhD thesis (Carvalho *et al.*, 2005), still pending a formal description. Conversely, the information about internal features is still limited within the whole genus; data of 11 species of the *L. fuscus* group are available (e.g., Fabrezi and Vera, 1997; Larson and de Sá, 1998; Wassersug and Heyer, 1988; Sandoval, 2004; Alcalde, 2005; Prado and d'Heursel, 2006) and four additional species are included in a recent phylogenetic analysis (Miranda *et al.*, 2014). The present work emphasizes on external morphology, buccal cavity features, and chondrocranial architecture. Results are discussed and interpreted on the light of available data for related species and within the frame of a comprehensive phylogenetic hypothesis for the genus (de Sá *et al.*, 2014).

## Materials and methods

A set of 26 larvae of *Leptodactylus plaumanni* was collected in Bernardo de Irigoyen (Misiones, Argentina – 26°11'48"S/ 53°58'54"W). The tadpoles were euthanized in the field with tricaine mesylate, fixed and preserved in 4% formalin, and staged after Gosner table (1960). Voucher specimens are housed at the Laboratorio de Genética Evolutiva, Instituto de Biología Subtropical (CONICET-UNaM; Posadas, Argentina-LGE 3379).

Descriptions were made using a stereomicroscope, and measurements were obtained from 10 tadpoles using a micrometric ocular and following Lavilla (1983) and Altig and McDiarmid (1999): total length (TL), body length (BL), body maximum width (BMW), body width at nares (BWN), body width at eyes (BWE), body maximum height (BMH), tail length (TAL), tail muscle height (TMH), maximum tail height (MTH), nare length (N), extranarial distance (END), internarial distance (IND), eye diameter (E), extraorbital distance (EOD), interorbital distance (IOD), rostro-spiracular distance (RSD), fronto-narial distance (FND), eye-nares distance (EN), oral disc width (OD), and dorsal gap width (DG). Three tadpoles were dissected and prepared for buccal structure examination, exposing the cavity after Wassersug (1976a) technique, and then staining with methylene blue. Two larvae were also prepared for scanning electron microscopy, following a standard dehydration, critical point and metallization protocol (Echeverría, 1995). Specific terminology is that proposed by Wassersug (1976a). For muscu-

loskeletal system features record, eight larvae were double stained for cartilage and bone (Wassersug, 1976b), interrupting the procedure before clearing so those muscles are not digested and can be contrasted with Lugol's solution (Böck and Shear, 1972). Terminology is that used by Larson and de Sá (1998) and Haas (2003).

## Results

**External Morphology** (N=18; St. 34–37; Figs. 1 and 2). Tadpoles have an ovoid, depressed body without constrictions. The snout is truncated in dorsal view, and slightly rounded in lateral view. The nares are dorsolaterally located, ovoid with a raised edge. The eyes are also dorsolateral, visible in dorsal and lateral view. The spiracle is sinistral and located lateral in the posterior half of the body; the spiracle tube extends dorso-posteriorly and attaches to the body wall leaving the end free and an ovoid opening. The proctodeal tube is short, uniformly wide, and medial. The lateral lines are not visible macroscopically at the studied stages. The tail is twice longer than the body and nearly straight. The fins, slightly taller than the body, have their maximum height at the second third. The dorsal fin originates before the body-tail junction and the ventral fin starts after the proctodeal tube; the tail tip is rounded, the tail's muscles reach until the tip and the fins get narrower at that point. The oral disc (Fig. 1C and 2A) is subterminal, not emarginate, and represents almost half of the maximum body width. The upper lip is a continuation of the snout meanwhile the lower lip is separated of the body wall. The disc is oblong with two slight lower indentations at the level of P3 edges (Fig. 2A). It is delimited by a single alternate row of marginal papillae (not seen in the specimen of Figs. 1 and 2), dorsally interrupted by a wide gap that represents 56% of the maximum width of the disc. Two or three submarginal papillae are present at the commissures in some specimens. Labial teeth are arranged in two anterior rows (A1, A2), the second with a wide gap, and three posterior rows decreasing in length from proximal to distal (P1, P2, P3), the first one with a narrow gap, giving a labial tooth row formula (LTRF) 2(2)/3(1); labial tooth density is approximately 100/mm. Individual labial teeth present three regions: a slightly curved, spoon-shaped head with six to eight cusps, an intermediate body, and a broad sheath (Fig. 2B,C). The jaws sheaths are keratinized (as indicated by coloration) and distally serrated (60 serration/



**Figure 1.** External morphology of *Leptodactylus plaumanni*, Stage 36-37 (A) Lateral view; (B) Dorsal and ventral view of the body, bar = 1mm; (C) Oral disc, bar = 500 $\mu$ m.

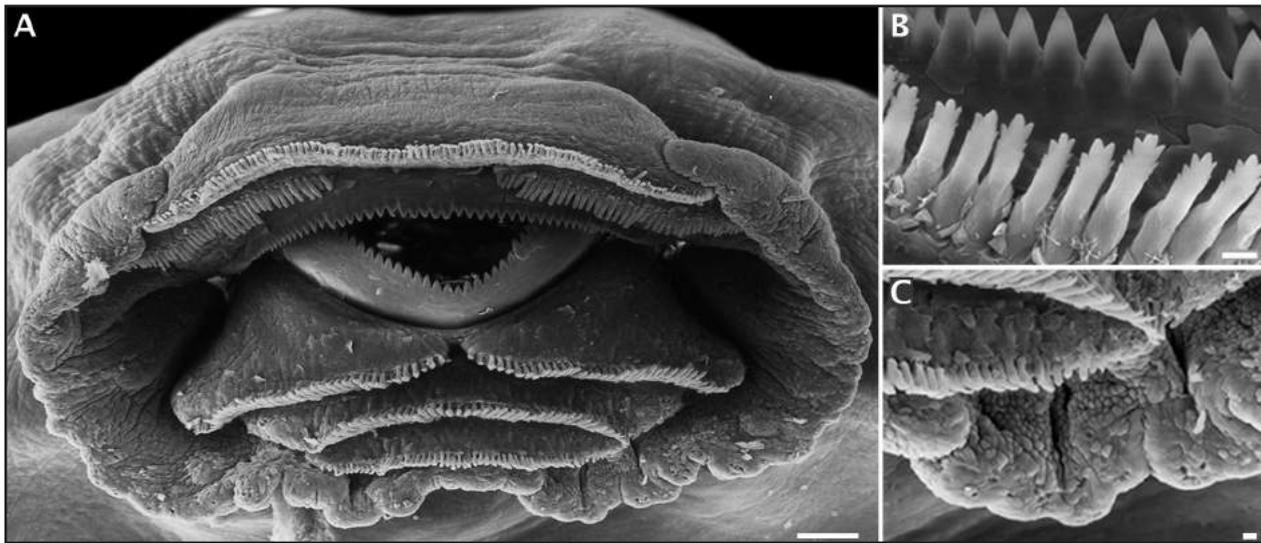
mm approx.), the upper one convex and the lower one smaller and V-shaped.

**Coloration in preservative.** The tadpole presents a dark brown coloration suggested by a spray of spots at dorsal, specially over the mid line. The spots gradually scatter at the laterals rendering the venter almost translucent. The coiled gut and several ventral muscles are seen through the abdominal wall. Caudal muscles are softly pigmented specially in the first half of the tail. Fins are transparent, with some small brown dots dispersed.

**Buccal cavity.** (N = 4; St. 34-37; Fig. 3). In the buccal roof (Fig. 3A) the prenarial arena is quadrangular and shows two broad, crescent-shaped prenarial ridges medially placed (Fig. 3B). The internal nares are long and transversally arranged; a smooth narial valve is differentiated at the posterior wall, and small prenarial papillae appear at the anterior wall. Two long, finger-like papillae with jagged surface extend medially on the postnarial arena, accompanied by small, sparse pustulations. Lateral ridge papillae are simple, slightly pustulated, shorter and wider than postnarial papillae, and project medially towards the median ridge. The median ridge

is placed slightly posterior to the level of the lateral ridge papillae; it is low and triangular and shows several short projections at the free margin. The U-shaped buccal roof arena is delimited by 4-5 paired conical papillae, the most caudal are larger; about 50 pustulations are scattered on the central region. Groups of 5-6 lateral roof papillae, some often fused at their bases, appear on both sides of the arena. The glandular zone (Fig. 3C) appears as a broad band array, and secretory pits are very large, especially those most distal. The dorsal velum (not shown) is interrupted medially and displays finger-like papillae and pustulations next to the notch.

In the buccal floor (Fig. 3D) there are four infralabial papillae (Fig. 3E): the two anterior are globose, close to each other in the midline, whereas the two posterior are hook-shaped and project medially from the Meckel's cartilages. The tongue anlage has four conical lingual papillae, the two medial being larger and wider, often fused for half their length. The buccal pockets are long and transversely arranged, and show a few short prepocket papillae and pustulations. The V-shaped buccal floor arena is lined by 7-8 paired long, conical papillae, accompanied by



**Figure 2.** SEM micrographs of the oral disc of *Leptodactylus plaumanni*, Stage 36–37 (A) Oral disc, bar = 100µm; (B) Detail of the labial teeth of P1 and lower jaw sheath; (C) Detail of the marginal papillae, bar = 10µm.

numerous pustulations (more than 50); those papillae at the level of the buccal pocket are the largest and often fused at their bases. A second row of buccal papillae locate caudally following the anterior edge of the ventral velum. The ventral velum is semicircular and supported by the spicules; its margin is smooth and thick, with a marginal projection over each filter plate and a median notch (Fig. 3F) with small projections on each side; large secretory pits are seen at the whole margin of the velum.

**Chondrocranium.** (N = 8; St. 34–37; Fig. 4). The chondrocranium (Fig. 4A,B) represents almost half the total body length (49%). The maximum width is at the posterior region of the subocular bar near to the ascending process. The suprarostril cartilage (Fig. 4E) shows two stout corpora fused ventromedially forming a U-shaped structure, and two lateral alae. In the corpora, two small, rounded protuberances face to each other from the medial margins, and two smaller processes project from the ventrolateral margin towards the alae (Fig. 4F). The alae are flat and triangular, and fuse dorsally to the corpora; their ventral margins are rounded and exceed each corpus length; three processes are visible on each ala: long, acute posterior dorsal processes, a robust, lower anterior dorsal process, and a small ventral process projecting towards the corpus. A diffuse adrostral tissue mass is visible next to the posterior dorsal process of the ala. The trabecular horns represent almost the fourth part (23%) of the chondrocranium length; they are flat, distally wider, and slightly curved ventrally to articulate with the anterior dorsal process of the suprarostril cartilage.

The lateral trabecular process is absent. The sole nasal structures present at the studied stages is the lamina orbitonasales, visible as two small, triangular projections laterally oriented.

The chondrocranial floor is weakly chondrified at the studied stages; the carotid foramina are visible at the posterior region, caudal to the ascending process attachment, whereas the craniopalatine foramina are not evident in most specimens. The orbital cartilages are not fully developed and they are only visible at the posterior region next to the otic capsules; the optic and oculomotor foramina are well delimited and the trochlear foramen is poorly defined; the prootic foramen is dorsally open in most specimens. The frontoparietal fontanelle remains open at the studied stages, with no tectal structures developed.

The otic capsules (Fig. 4D) are ovoid, representing almost 30% of the chondrocranium length; a thin larval crista parotica is present at each capsule lateral margin, and two processes are differentiated: a long, acute anterolateral process projected toward the subocular bar, and a weak, triangular posterolateral process. The fenestra ovalis is large and ventromedially placed and the operculum is not yet developed; the endolymphatic, perilymphatic inferior and superior, acoustic and jugular foramina are defined.

The palatoquadrate is anteriorly narrow and becomes wider posteriorly, with a smooth, curved lateral margin. The wide and short articular process is easily distinguishable from the muscular process in lateral view. The muscular process is triangular, outwardly curved with a rounded proximal edge;

**Table 1.** Measurements of external morphology of *Leptodactylus plaumanni* tadpoles (N = 10, St. 34–36). Measurements are given in mm.

	Mean $\pm$ 1 SD	Ratio	Mean $\pm$ 1 SD
Total length (TL)	26.03 $\pm$ 1.29		
Body length (BL)	8.87 $\pm$ 0.41	BL/TL	0.34 $\pm$ 0.01
Body maximum width (BMW)	5.4 $\pm$ 0.22		
Body width at nares (BWN)	2.84 $\pm$ 0.11		
Body width at eyes (BWE)	4.65 $\pm$ 0.19	BWE/BWN	1.64 $\pm$ 0.04
Body maximum height (BMH)	3.9 $\pm$ 0.22	BMH/BWN	0.72 $\pm$ 0.03
Tail length (TAL)	17.16 $\pm$ 1.11	TAL/TL	0.66 $\pm$ 0.01
Tail muscle height (TMH)	2.49 $\pm$ 0.33	TMH/BMH	0.64 $\pm$ 0.07
Maximum tail height (MTH)	4.56 $\pm$ 0.15	MTH/BMH	1.17 $\pm$ 0.05
Nare length (N)	0.24 $\pm$ 0.05	N/BWN	0.083 $\pm$ 0.02
Extranarial distance (EN)	1.8 $\pm$ 0.08		
Internarial distance (IND)	1.32 $\pm$ 0.10	IND/BWN	0.46 $\pm$ 0.04
Eye diameter (E)	1.12 $\pm$ 0.07	E/BWE	0.24 $\pm$ 0.02
Extraorbital distance (EOD)	3.53 $\pm$ 0.10		
Interorbital distance (IOD)	1.26 $\pm$ 0.06	IOD/BWE	0.27 $\pm$ 0.01
Rostro-spiracular distance (RSD)	5.98 $\pm$ 0.31	RSD/BL	0.67 $\pm$ 0.03
Fronto-narial distance (FN)	0.64 $\pm$ 0.08	FND/EN	0.36 $\pm$ 0.05
Eye-nare distance (END)	0.95 $\pm$ 0.08		
Oral disc width (OD)	2.50 $\pm$ 0.16	OD/BMW	0.46 $\pm$ 0.02
Dorsal gap width (DG)	1.32 $\pm$ 0.11	DG/OD	0.53 $\pm$ 0.05

a small process projects laterally from the anterior margin. The palatoquadrate is attached to the neurocranium via three structures: the quadratocranial commissure that shows an acute quadratoethmoid process, the quadratoorbital commissure, and the thin ascending process with a perpendicular, intermediate attachment to the pila antotica. In the lower jaw (Fig. 4F), the Meckel's cartilages have a sigmoid shape and three conspicuous process: the retroarticular process and the dorso- and ventromedial processes. The infrarostrals are small and dorsally curved, proximally narrow and wider near to the articulation with the Meckel's cartilage.

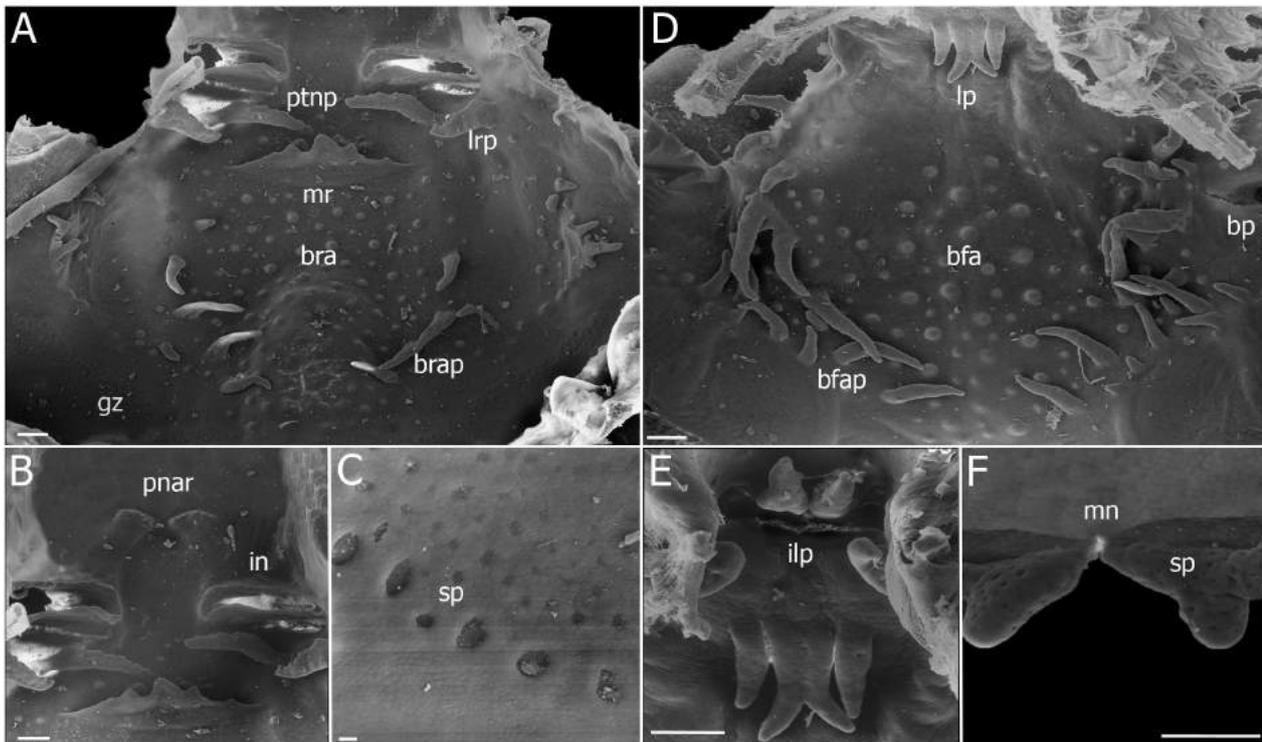
In the hyobranchial skeleton (Fig. 4C), the elongated ceratohyals show four conspicuous processes: a triangular, wide anterior process, a lower, medially curved anterolateral process, a triangular, wide posterior process not in contact with the hypobranchial plate, and finally a broad, robust articular condyle. The ceratohyals are connected medially through the pars reuniens, often scarcely chondrified. The basibranchial is almost as long as the pars reuniens and it is continuous with the hypobranchial plates; a small urobranchial process projects caudally from its posterior region. The basihyal is absent. The

hypobranchial plates are wide and flat, and articulate to each other through one or two connections along the medial margin; they diverge caudally leaving a narrow U-shaped notch. The ceratobranchials are thin, long and curved, excepting the fourth one which is wider, shorter, and fairly flat. All ceratobranchials have numerous lateral projections on their margins. Proximally, the ceratobranchials I, II and IV are continuous to the hypobranchial plate, whereas the ceratobranchial III joins the plate by a narrow ligament. Ceratobranchials are distally joined by terminal commissures, whereas proximal commissures are absent. The spicules I–III are long, curved, and clearly visible; the fourth spicule appears to be incorporated to the distal edge of the hypobranchial plate. Branchial processes I–III are well developed.

**Musculature.** (Fig. 5). Table 2 shows the list of cranial muscles, detailing insertions sites and some comments.

## Discussion

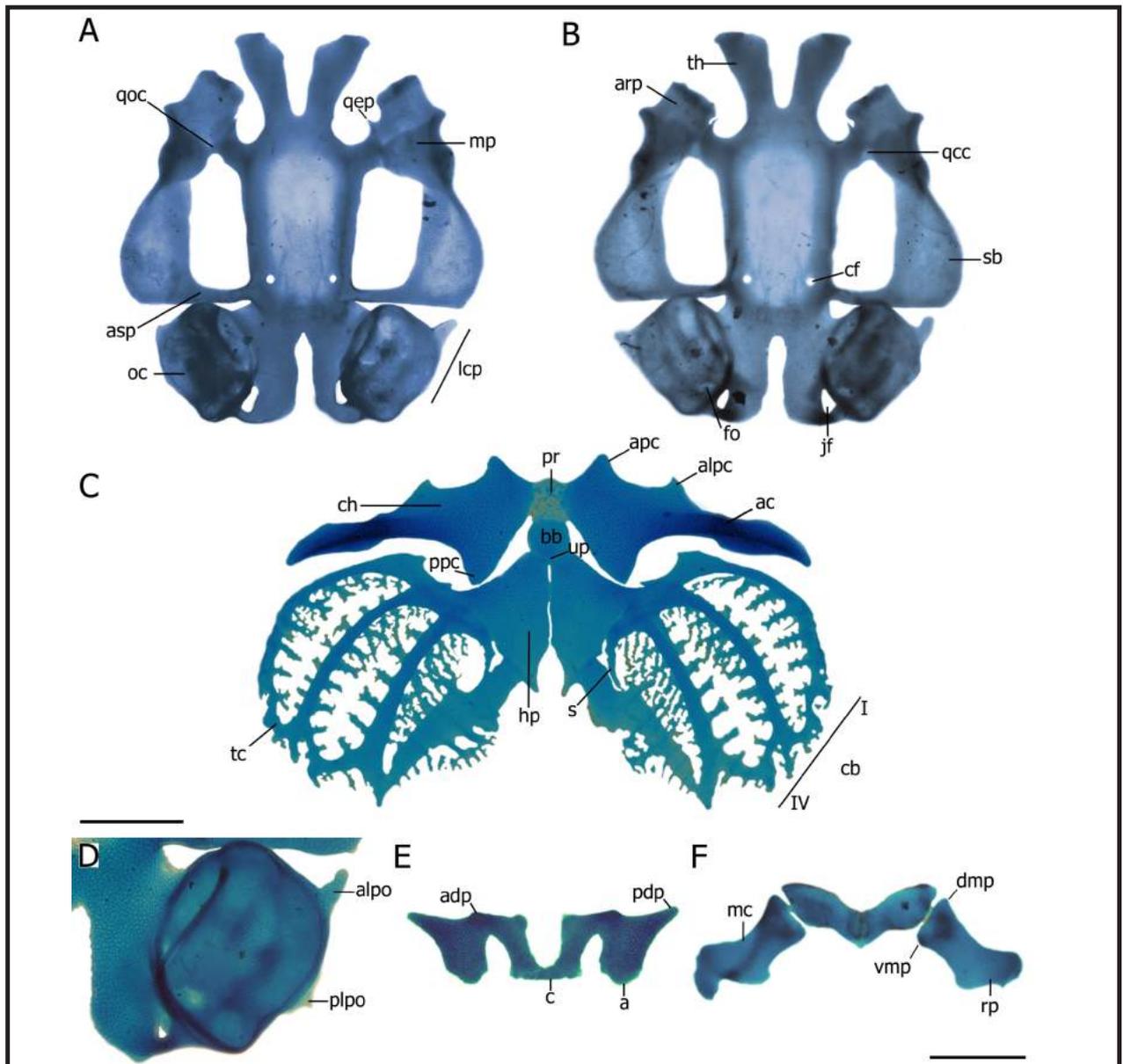
**Larval morphology in the *Leptodactylus fuscus* group.** The external morphology of larval stages has



**Figure 3.** SEM micrographs of the oral cavity of *Leptodactylus plaumanni*, Stage 36–37 (A) Buccal roof; (B) Prenarial arena; (C) Glandular zone next to the dorsal velum; (D) Buccal floor, bar = 100µm; (E) Detail of the infralabial and lingual papillae, bar = 10µm; (F) Medial notch and glandular zone of the ventral velum, bar=100µm. BFA: buccal floor arena, BFAP: buccal floor arena papillae, BP: buccal pocket, BRA: buccal roof arena, BRAP: buccal roof arena papillae, ILP: infralabial papillae, IN: internal nares, MN: medial notch, MR: median ridge, LP: lingual papillae, LRP: lateral ridge papillae, PNAR: prenarial ridge, PTNP: postnarial papillae, SP: secretory pits.

been described (and in many cases redescribed) for 23 species of this group: *L. albilabris*, *L. bufonius*, *L. caatingae*, *L. camaquara*, *L. cunicularis*, *L. cupreus*, *L. elenae*, *L. fragilis*, *L. furnarius*, *L. fuscus*, *L. gracilis*, *L. jolyi*, *L. latinasus*, *L. longirostris*, *L. marambaiae*, *L. mystaceus*, *L. mystacinus*, *L. notoakitites*, *L. poecilochilus*, *L. spixi*, *L. syphax*, *L. tapiti*, and *L. troglodytes* (Fernández and Fernández, 1921; Heyer, 1970; Lescure, 1972; Sazima, 1975; Sazima and Bokermann, 1978; Cei, 1980; Crombie and Heyer, 1983; Cascon and Peixoto, 1985; Solano, 1987; Hero, 1990; Muramatsu and Cruz, 1996; Rossa-Feres and Nomura, 1996; Eterovick and Sazima, 2000; Wogel *et al.*, 2000; Langone and de Sá, 2005; Bilate *et al.*, 2006; Prado and d’Heursel, 2006; Borteiro and Kolenc, 2007; de Sá *et al.*, 2007; Motta *et al.*, 2010; De Medeiros Magalhães *et al.*, 2013). *Leptodactylus plaumanni* tadpoles share several features with most of the previously described larvae, such as the spotted and cryptic coloration, depressed body elliptic in dorsal view, body about 30–40% of the total length, sinistral spiracle, ventromedial vent tube, intestinal assa left sided, straight tail axis, tail muscles reaching the tail tip, and an oral disc with a wide rostral gap and LTRF 2(2)/3(1). Some distinct

traits that could be useful to identify *L. plaumanni* tadpoles are the truncated snout in lateral view (also in *L. camaquara*, *L. cupreus*, *L. fragilis*, *L. latinasus*, and *L. mystaceus*), dorsal eyes (like in *L. elenae*, *L. jolyi*, *L. mystaceus*, *L. syphax*, and *L. tapiti*), dorsal fin originated anterior to the body-tail junction (also in *L. marambaiae* and *L. notoakitites*), labial tooth row P3 shorter than P1 (like in *L. albilabris*, *L. gracilis*, and *L. latinasus*), marginal papillae in a single row (like in *L. marambaiae* and *L. notoakitites*), submarginal papillae present in some specimens (also reported for *L. bufonius* and *L. cupreus*), and two slight indentations in the lower lip (although more pronounced in *L. albilabris*, *L. bufonius*, and *L. mystacinus*). Tadpoles of *L. plaumanni* are very similar to those of *L. gracilis*, a partially sympatric species traditionally reported as a sibling species only distinguishable through advertisement call. However, some variations are registered mainly in the oral disc, with *L. gracilis* larvae having marginal papillae double at commissures (single through the whole margin in *L. plaumanni*), submarginal papillae absent (present in some specimens), lower lip indentation absent (present), snout rounded in lateral view (truncated), and eyes dorsolateral (dorsal). On the

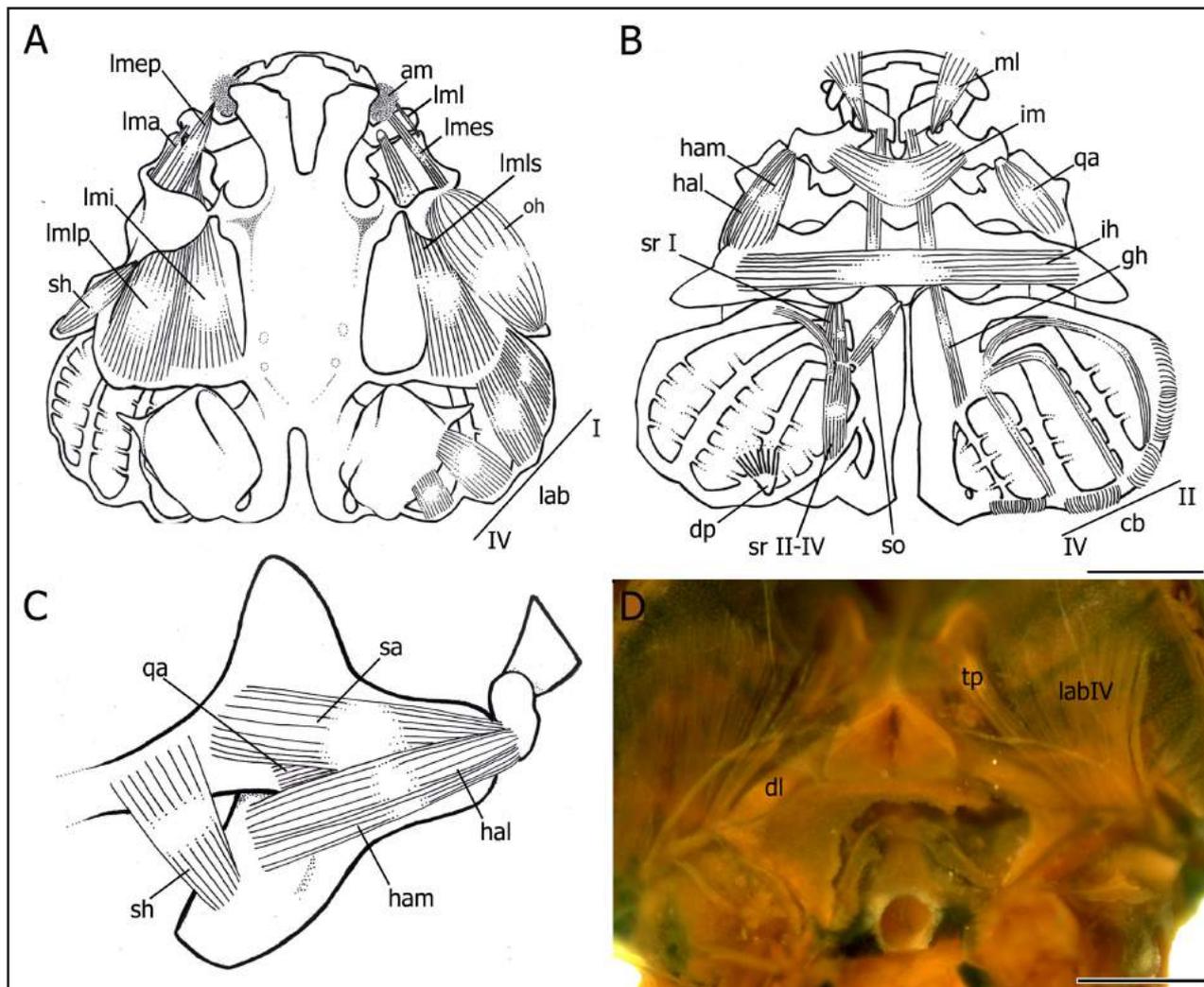


**Figure 4.** Chondrocranium of *Leptodactylus plaumanni*, Stage 36–37 (A) dorsal view of the neurocranium and palatoquadrate; (B) ventral view of the neurocranium and palatoquadrate; (C) ventral view of the hyobranchial apparatus, bar = 1mm; (D) detail of the larval crista parotica in a dorsal view of the capsule; (E) Detail of the suprarostal (F) Detail of the lower jaw cartilages, bar = 500  $\mu$ m. A: ala of the suprarostal, AC: articular condyle, ADP: anterior dorsal process of the ala of the suprarostal, ALPO: anterolateral process of the otic capsule, ALPC: anterolateral process of ceratohyal, APC: anterior process of the ceratohyal, ARP: articular process, ASP: ascending process, BB: basibranchial, C: corpus of the suprarostal, CB: ceratobranchial, CF: carotid foramen, CH: ceratohyal, DMP: dorsomedial process of the Meckel's cartilage, FO: fenestra ovalis, HP: hypobranchial plate, JF: jugular foramen, LCP: larval crista parotica, MC: Meckel's cartilage, MP: muscular process, OC: otic capsules, PDP: posterior dorsal process of the ala of the suprarostal, PLPO: posterolateral process of the otic capsule, PPC: posterior process of the ceratohyal, PR: pars reuniens, QCC: quadratocranial commissure, QEP: quadratoethmoid process, QOC: quadratoorbital commissure, RP: retroarticular process of the Meckel's cartilage, S: spicule, SB: subocular bar, TC: terminal commissure, TH: trabecular horns, UP: urobranchial process, VMP: ventromedial process of the Meckel's cartilage.

other hand, the relationship between *L. plaumanni* and *L. marambaie* is supported by morphology, behavior and molecular data (de Sá *et al.*, 2014) but some larval features are distinctive between them, with *L. marambaie* showing dorsolateral eyes (dorsal in *L. plaumanni*), lateral lines visible (not visible), dorsal fin with the highest point at the second third (almost straight), P1 complete (narrow gap), P3 as

long as P1 (shorter), lower lip indentation absent (present), and submarginal papillae absent (present in some specimens).

Concerning the buccal cavity, the features of 10 species of the group are described to date: *Leptodactylus caatingae*, *L. elenae*, *L. furnarius*, *L. fuscus*, *L. gracilis*, *L. latinasus*, *L. mystacinus*, *L. notoaktites*, and *L. spixi* (Wassersug and Heyer, 1988; Prado and



**Figure 5.** Chondrocranial muscles of *Leptodactylus plaumanni*, Stage 36–37 (A) Dorsal view; (B) Ventral view, bar = 1mm; (C) Detail of the angular muscles; (D) Detail of the glottis and its related muscles, bar = 500µm. AM: adrostral tissue mass, CB: mm. constrictores branchiales, DL: m. dilator laryngis, DP: diaphragmatobranchialis, GH: m. geniohyoideus, HAL: m. hyoangularis lateralis, HAM: m. hyoangularis medialis, IH: m. interhyoideus, IM: m. intermandibularis, LAB: mm. levatorae arcumm branchialium, LMA: m. l. m. articularis, LMEP: m. l. m. externus profundus, LMES: m. l. m. externus superficialis, LMI: m. l. m. internus, LML: m. l. m. lateralis, LMLP: m. l. m. longus profundus, LMLS: m. l. m. longus superficialis, ML: m. mandibulolabialis inferior, OH: m. orbitohyoideus, QA: m. quadratoangularis, SH: m. suspensoriohyoideus, SO: m. subarcualis obliquus, SR I: m. subarcualis rectus I, SR II–IV: m. subarcualis rectus II–IV, TP: m. tympanopharyngeus. NOTE: superficial muscles were removed from the right sides of A and B parts of the lamina. The mm. rectus abdominis, rectus cervicis, interhyoideus posterior and diaphragmatopraecordialis were removed to examine deep layers, and then are not pictured.

d'Heursel, 1996; Sandoval, 2004; Bilate *et al.*, 2006; de Sá *et al.*, 2007; Vera Candiotti, *et al.* 2007; Miranda and Ferreira, 2009; De Medeiros Magalhães *et al.*, 2013). Features of *L. bufonius*, *L. camaquara*, *L. tapiti*, and *L. troglodytes* were not explicitly described but are included in the matrix of larval characters by Miranda *et al.* (2014). Traits in *L. plaumanni* are similar to those of most other species of the group, with four lingual papillae, two pairs of infralabial papillae, two postnarial papillae, one pair of not branched lateral ridge papillae, and ventral velum with median notch and marginal projections. Some inter- and intraspecifically variable features concern

the size and number of papillae and pustulations of the buccal floor and roof arenas, the shape of the median ridge, and the size of the marginal projections of the dorsal and ventral velum.

As regard to skeletal characters, information is available for 11 species of the group: *Leptodactylus albilabris*, *L. bufonius*, *L. caatingae*, *L. elanae*, *L. fuscus*, *L. gracilis*, *L. labrosus*, *L. latinasus*, *L. longirostris*, *L. mystacinus*, and *L. notoaktites* (Sokol, 1981; Fabrezi and Vera, 1997; Larson and de Sá, 1998; Haas, 2003; Vera Candiotti *et al.*, 2007; De Medeiros Magalhães *et al.*, 2013); four more (*L. camaquara*, *L. furnarius*, *L. tapiti*, and *L. troglodytes*) were scored in Miranda

**Table 2.** Larval musculature of *Leptodactylus plaumanni* (N =6, St. 34–36)

<b>Muscle</b>	<b>Insertion sites</b>	<b>Comments</b>
Levator mandibulae articularis	anteroventral part of the inner surface of the muscular process – Meckel's cartilage	
Levator mandibulae externus profundus	anteroventral part of the inner surface of the muscular process – lateroventral margin of the ala of the suprarostrum	it inserts by a tendon shared with the m. l.m.l. profundus
Levator mandibulae externus superficialis	ventral region of the anterior margin of the muscular process – ala of the suprarostrum	it is scarcely developed; the mandibular branch of the trigeminal nerve runs dorsally to this muscle
Levator mandibulae internus	ventral margin of the ascending process – retroarticular process of the Meckel's cartilage	the insertion is via a long tendon that runs ventral to the tendon of m. l.m.l. profundus
Levator mandibulae lateralis	articular process of the palatoquadrate – dorsolateral edge of the ala of the suprarostrum	
Levator mandibulae longus profundus	subocular bar and ascending process – lateroventral margin of the ala of the suprarostrum	the area of origin is similar to that of the m. l.m. superficialis, the insertion is via a long tendon shared with the m. l.m.e. profundus
Levator mandibulae longus superficialis	posterior margin of the subocular bar – dorsomedial region of Meckel's cartilage	it is well-developed and its insertion is via a wide tendon
Intermandibularis	midventral region of Meckel's cartilage – median aponeurosis	
Mandibulolabialis	ventromedial process of the Meckel's cartilage – lower lip of the oral disc	it is only a single slip, corresponding to m. mandibulolabialis inferior
Hyoangularis lateralis	dorsal surface of the lateral edge of the ceratohyal – retroarticular process of the Meckel's cartilage	
Hyoangularis medialis	dorsal surface of the lateral edge of the ceratohyal – retroarticular process of the Meckel's cartilage	slightly anterior and ventral to the m. hyoangularis lateralis
Quadratoangularis	ventral surface of the muscular process – retroarticular process of the Meckel's cartilage	it is completely covered by the mm. hyoangulares and suspensorioangularis; it inserts on the Meckel's cartilage through a wide and short tendon
Suspensorioangularis	ventral part of the descending margin of the muscular process – retroarticular process of the Meckel's cartilage	fibers occupy approximately the ventral half of the muscular process
Orbitohyoideus	dorsal and anterior margins of the muscular process – lateral edge of the ceratohyal	
Suspensoriohyoideus	posterior part of the descending margin of muscular process and anterior region of the subocular bar – posterior surface of the lateral edge of the ceratohyal	it is almost entirely covered by the m. orbitohyoideus
Interhyoideus	ventral surface of the lateral edge of the ceratohyal – median aponeurosis	
Interhyoideus posterior	fibers loosely disposed in the anterior region of the branchial basket, ventral to the peribranchial chamber	
Diaphragmatopraecordialis	connective tissue near the insertion of the fibers of the m. interhyoideus posterior – connective tissue dorsal to the pericardium, close to the mm. interhyoideus and rectus cervicis	
Levator arcuum branchialium I	posterolateral edge of the subocular bar – ceratobranchial I	very close to m. l.a.b. II
Levator arcuum branchialium II	posterolateral edge of the subocular bar and lateral part of the otic capsule – terminal commissure II	
Levator arcuum branchialium III	lateroventral part of the otic capsule – terminal commissure II	

Levator arcuum branchialium IV	posterolateral part of the otic capsule – ceratobranchial IV	it can be present as two slips very close to each other, varying even intraindividually
Constrictor branchialis II	branchial process II – terminal commissure I	it is disposed on the ceratobranchial I
Constrictor branchialis III	branchial process III – terminal commissure II	it is disposed on the ceratobranchial II
Constrictor branchialis IV	branchial process III – distal edge of the cb III	it is disposed near the ceratobranchial III
Subarcualis rectus I	three slips sharing origin at the lateroventral edge of the posterior process of the ceratohyal – branchial processes I and II (dorsal and medial slips), and branchial process III (ventral slip)	the dorsal and middle slips are no discrete, some fibers attach to branchial process I and some others continue to branchial process II; also, some ventral fibers attach to branchial process II and the connective tissue between ceratobranchials II and III
Subarcualis rectus II-IV	ceratobranchial IV – connective tissue between the proximal regions of ceratobranchias II and III	some fibers diverge distal and slightly lateral to reach ceratobranchial I
Subarcualis obliquus	urobranchial process – branchial process II	
Tympanopharyngeus	posterolateral part of the otic capsule – connective tissue anterior to the glottis	fibers originate very close to the m. l.a.b. IV at the otic capsule and diverge medially
Dilatator laryngis	posterolateral surface of the otic capsule – soft tissue surrounding the glottis	
Constrictor laryngis	sphincter-like in the glottis lips	
Diaphragmatobranchialis	peritoneum – distal edge of the ceratobranchial III	
Geniohyoideus	ventral surface of the infrarostral – ventral side of the hypobranchial plate, at the level of the proximal edge of the ceratobranchial IV	
Rectus abdominis	transverse septum – pelvic girdle	
Rectus cervicis	transverse septum – branchial process III	

*et al.* (2014) analysis. Shared features between *L. plaumanni* and previously described tadpoles of the group are the ascending process of the palatoquadrate attaching to the neurocranium in an angle of 80°–90°, and the posterior region of the palatoquadrate not surpassing the level of the attachment of that process. Other features are also observed in species of the *L. pentadactylus* group, namely the articular process distinct from the muscular process in lateral view, the wide and narrowly separated suprarostal corpora, and the open branchial process. Some interspecifically variable characters are the adrostral tissue mass (absent in *L. camaquara*, *L. fuscus*, *L. latinasus*, *L. mystacinus*, *L. spixi*, and *L. troglodytes*), and the ventrolateral projections of the corpus and ala of the suprarostal cartilage (which can be alternatively absent or fused to each other). The absence of tectal structures in *L. plaumanni* is unusual in tadpoles of the genus (and in tadpoles in general), and it could be due to poor staining of cartilages or to a late development.

Finally, the musculature is the less studied

system in the *Leptodactylus fuscus* species group, and in anuran tadpoles in general; only six taxa of the group are described: *L. bufonius*, *L. elenae*, *L. fuscus*, *L. gracilis*, *L. latinasus*, and *L. mystacinus*, and outside the group data are restricted to *L. chaquensis*, *L. latrans*, and *L. pentadactylus* (Starrett, 1968; Palavecino, 1997, 2000; Haas, 2003; Alcalde, 2005; Vera Candioti *et al.*, 2007). Tadpoles of *L. plaumanni* share two distinctive muscular characters with the analyzed species: m. hyoangularis medialis present (except in *L. bufonius*), and m. levator mandibulae externus superficialis inserted at the ala of the suprarostal cartilage. Many others features are variable: the m. submentalis is absent in the analyzed stages of *L. plaumanni*, *L. elenae*, *L. gracilis*, and *L. latinasus*, but it is present in specimens described by Palavecino (2000). The m. subarcualis rectus I has three heads in *L. plaumanni*, like in *L. elenae* and *L. latinasus*, but is depicted with two heads in *L. gracilis*, *L. latinasus*, and species of the *L. latrans* group. In *L. plaumanni* tadpoles, the m. subarcualis obliquus has one head inserted at the branchial process II,

whereas in *L. elenae* and *L. latinasus* fiber muscles reach the ceratobranchial III; the species analyzed by Alcalde (2005) show two heads with close insertions at the ceratobranchials II and III. Finally, in all *Leptodactylus* species the m. subarcualis rectus II-IV is a single slip inserted in the ceratobranchial I; however in *L. plaumanni* it inserts at the connective tissue between the ceratobranchials II and III and only some distal fibers diverge reaching the ceratobranchial I.

**Phylogenetic remarks.** Larval characters in *Leptodactylus* were traditionally considered phylogenetically not very informative because of their high ecomorphological correlation (Wassersug and Heyer, 1988; Prado and d'Heursel, 2006; de Sá *et al.*, 2014). However, attempts to analyzing them exclusively or as part of larger matrices provide resolved (although often not congruent) relationship hypotheses (Heyer, 1978; Larson and de Sá, 1998; Ponssa, 2008; Miranda *et al.*, 2014). This is in agreement with the increasing role of larval features in phylogenetic analyses of anurans in general (e.g., Haas, 2003; Púgener *et al.*, 2003; Grant *et al.*, 2006; Maglia *et al.*, 2001).

*Leptodactylus* is recovered as a monophyletic clade in works with different sources of information (e.g., Ponssa, 2008; de Sá *et al.*, 2014). The analysis by Larson and de Sá (1998) on larval chondrocranial characters, although not designed to test the monophyly of the genus, summarizes 12 characters common to the *Leptodactylus* species studied. All are shared by *L. plaumanni* tadpoles here examined, with the exception of the fusion of ceratobranchials to the hypobranchial plate, which in *L. plaumanni* involves ceratobranchials I, II and IV instead of all. These skeletal characters were later integrated with new buccal and chondrocranial characters by Miranda *et al.* (2014), resulting a matrix of 84 larval anatomical characters for 22 *Leptodactylus* species. Fifteen synapomorphies recovered by this analysis include a triangular buccal floor arena, slightly prominent projections on the posterior margin of the ventral velum, reduced postnarial arena, and quadratoorbital commissure present, among others. Although most of these features are indeed observed in *L. plaumanni*, this subject should be taken cautiously because the analysis of Miranda *et al.* (2014) fails to include species of genera historically related to *Leptodactylus*, such as *Adenomera*, *Lithodytes*, *Hydrolaetare* and the actual leiuperines (Bogart, 1974; de Sá *et al.*,

2005; Frost, 2006; Pyron and Wiens, 2011; de Sá *et al.*, 2014). In fact, some of these not included species do show several of the features attributed to *Leptodactylus*. For example, the shape of the buccal floor and postnarial arena are comparable in *Physalaemus* species (as the authors themselves have pointed out), and the quadratoorbital commissure is also present in this related genus (e.g., Fabrezi and Vera, 1997; Alcalde *et al.*, 2006). The inclusion of some of the said taxa could change the phylogenetic relationships among the species analyzed, and which characters are recovered as synapomorphic and at which levels. Additionally, some characters (e.g., width of the ventromedial fusion of the corpus of the suprarostal, length of the Meckel's cartilage, lateral processes of the ceratobranchials) need to be strictly redefined before scoring further species.

As regards to intrageneric relationships, the groups initially proposed by Heyer (1969) are in general recovered in phylogenetic analyses (e.g., Larson and de Sá, 1998; Ponssa, 2008, Ponssa *et al.*, 2010; de Sá *et al.*, 2014). The relationships among them are somewhat variable, but for instance six larval skeletal synapomorphies (all shared by *L. plaumanni* here examined) are recovered for the clade joining *L. fuscus* and *L. pentadactylus* groups (Larson and de Sá, 1998). Miranda *et al.* (2014) obtain a different topology, with the traditional groups mostly dismembered, and this is suggested by de Sá *et al.* (2014) to be result of a low number of taxa included and a high homoplasy of larval buccal cavity characters.

Finally, as regards to the interspecific relationships within the *Leptodactylus fuscus* group; a small clade of species including *L. plaumanni*, *L. marambaia*, *L. camaquara*, *L. cunicularis*, *L. furnarius*, and *L. tapiti*, is recovered by de Sá *et al.* (2014). The group is characterized by several morphological larval features that give the tadpoles a streamlined aspect, such as the shallow body, proportionately long tail, and low, straight caudal fins, and some of these species were recognized as a morphological divergent group by Langone and de Sá (2005). Sazima and Bokermann (1978) had first suggested that those traits in some of the species could have a correlation with ecological features concerning the structural aspects of the nests and the liberation mechanism of tadpoles. Comprehensive, comparative approaches are required to examine the contribution of ecological features to morphological divergence in this and other distinct clades of the genus.

## Acknowledgements

This work was financially supported by CONICET, MINCyT and UNT funds (PICT 2011-1524, PIP 0875, and CIUNT-G430). I am grateful to the herpetological collection of the Laboratorio de Genética Evolutiva (Instituto de Biología Subtropical, CONICET-UNaM) for the loan of specimens and to Instituto de Herpetología (Unidad Ejecutora Lillo, CONICET-FML) for providing working space for my research. Two anonymous reviewers and F. Vera Candiotti made invaluable corrections and suggestions to early versions of the manuscript.

## Literature cited

- Ahl, E. 1936. Zweif neue Froscharten der Gattung *Leptodactylus* aus Südamerika. *Veröffentlichungen aus dem Deutschen Kolonial- und Übersee-Museum in Bremen* 1: 389-392.
- Alcalde, L. 2005. Descripción de la musculatura craneana en larvas de anuros de las familias Hylidae y Leptodactylidae. *Revista del Museo de La Plata, Zoología* 16: 1-12.
- Alcalde, L.; Natale, G.S. & Cajade, R. 2006. The tadpole of *Physalaemus fernandezae* (Anura: Leptodactylidae). *Herpetological Journal* 16: 203-211.
- Altig, R. & McDiarmid, R. W. 1999. Body Plan: Development and Morphology. 24–51. In: McDiarmid, R.W. and Altig, R. (Eds.), *Tadpoles. The biology of anuran larvae*. University of Chicago Press, Chicago and London.
- Bilate, M.; Wogel, H.; Weber, L. & Abrunhosa, P. 2006. Vocalizações e girino de *Leptodactylus spixi* Heyer, 1983 (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 64: 235-245.
- Böck, W.J. & Shear, C.R. 1972. A staining method for gross dissection of vertebrate muscles. *Anatomischer Anzeiger* 130: 222-227.
- Bogart, J.P. 1974. A karyosystematic study of frogs in the genus *Leptodactylus* (Anura: Leptodactylidae). *Copeia* 1974: 728-737.
- Borteiro, C. & Kolenc, F. 2007. Redescription of the tadpoles of three species of frogs from Uruguay (Amphibia: Anura: Leiuperidae and Leptodactylidae), with notes on natural history. *Zootaxa* 1683: 1-20.
- Carvalho, G.; Solé, M. & Kwet, A. 2005. Description of the tadpole of *Leptodactylus plaumanni* AHL, 1936 (Anura, Leptodactylidae) from Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata, Rio Grande do Sul, Brazil: 119–128. In: Solé Kienle, M., *Diversität und Ernährung von Anuren im Ökosystem Araukarienwald: Fallstudie Pró-Mata*. Doctoral Thesis Dissertation, Fakultät für Biologie der Eberhard Karls Universität Tübingen.
- Cascon, P. & Peixoto, O.L. 1985. Observações sobre a larva de *Leptodactylus troglodytes* A. Lutz, 1926 (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Revista Brasileira de Biologia* 45: 361-364.
- Cei, J.M. 1980. Amphibians of Argentina: 2:1-609. In: *Monitore Zoológico Italiano (N.S.)*.
- Crombie, R. & Heyer, W. 1983. *Leptodactylus longirostris* (Anura: Leptodactylidae): advertisement call, tadpole, ecological and distributional notes. *Revista Brasileira de Biologia* 43: 291-296.
- De Medeiros Magalhães, F.; Garda, A.; Amado, T. & de Sá, R. 2013. The tadpole of *Leptodactylus caatingae* Heyer and Juncá, 2003 (Anura: Leptodactylidae): external morphology, internal anatomy, and natural history. *South American Journal of Herpetology* 8: 203-210.
- de Sá R.O.; Heyer, W.R. & Camargo, A. 2005. A phylogenetic analysis of *Vanzolinius* Heyer, 1974 (Amphibia, Anura, Leptodactylidae): Taxonomic and life history implications. *Arquivos do Museu Nacional Rio de Janeiro* 63: 707-726.
- de Sá, R.; Langone, J. & Segalla, M. 2007. The tadpole of *Leptodactylus notoaktites* Heyer, 1978 (Anura, Leptodactylidae). *South American Journal of Herpetology* 2: 69-75.
- de Sá, R.O.; Grant, T.; Camargo, A.; Heyer, W.R.; Ponssa, M.L. & Stanley, E. 2014. Systematics of the neotropical genus *Leptodactylus* Fitzinger, 1826 (Anura: Leptodactylidae): phylogeny, the relevance of non-molecular evidence, and species accounts. *South American Journal of Herpetology* 9: 1-128.
- Echeverría, D.D. 1995. Microscopía electrónica de barrido del aparato bucal y de la cavidad oral de la larva de *Leptodactylus ocellatus* (Linnaeus, 1758) (Anura, Leptodactylidae). *Alytes* 12: 159-168.
- Eterovick, P. & Sazima, I. 2000. Description of the tadpole of *Leptodactylus syphax*, with a comparison of morphological and ecological characters of tadpoles and adults of the species in the *L. pentadactylus* group (Leptodactylidae, Anura). *Amphibia-Reptilia* 21: 341-350.
- Fabrezi, M. & Vera, R. 1997. Caracterización morfológica de larvas de anuros del noroeste argentino. *Cuadernos de Herpetología* 11: 37-49.
- Fernández, K. & Fernández, M. 1921. Sobre la biología y reproducción de algunos batracios argentinos. I Cystignatidae. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 91: 97-140.
- Frost, D.R.; Grant, T.; Faivovich, J.; Bain, R.H.; Haas, A.; Haddad, C.F.; de Sá, R.O.; Channing, A.; Wilkinson, M.; Donnellan, S.C.; Raxworthy, C.J.; Campbell, B.; Blotto, B.L.; Molder, P.; Drewes, R.C.; Nussbaum, R.A.; Lynch, J.D.; Green, D.M. & Wheeler, W.C. 2006. The amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 291: 1-370.
- Gosner, K.L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* 16: 183-190.
- Grant, T.; Frost, D.R.; Caldwell, J.P.; Gagliardo, R.O.; Haddad, C.F.; Kok, P.J.; Means, D. B.; Schargel, W.E. & Wheeler, W.C. 2006. Phylogenetic systematics of dart-poison frogs and their relatives (Amphibia: Athesphatanura: Dendrobatidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 299: 1-262.
- Haas, A. 2003. Phylogeny of frogs as inferred from primarily larval characters (Amphibia: Anura). *Cladistics* 19: 23-89.
- Hero, J.M. 1990. An illustrated key to tadpoles occurring in the Central Amazon rainforest, Manaus, Amazonas, Brasil. *Amazoniana* 11: 201-262.
- Heyer, W.R. 1969. Studies on the genus *Leptodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae). III. A redefinition of the genus *Leptodactylus* and a description of a new genus of leptodactylid frogs. *Contributions in Science, Los Angeles County Museum of Natural History* 155: 1-14.
- Heyer, W.R. 1970. Studies on the frogs of the genus *Leptodactylus*: (Amphibia: Leptodactylidae). VI. Biosystematics of the *melanonotus* group. *Natural History Museum of Los Angeles*

- County, *Contributions in Science* 191: 1-48.
- Heyer, W.R. 1978. Systematics of the *fuscus* group of the frog genus *Leptodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae). *Science Bulletin of the Natural History Museum of Los Angeles County* 29: 1-85.
- Langone, J. & de Sá, R.O. 2005. Redescrpción de la morfología larval externa de dos especies del grupo de *Leptodactylus fuscus* (Anura, Leptodactylidae). *Phyllomedusa* 4: 49-59.
- Larson, P.M. & de Sá, R.O. 1998. Chondrocranial morphology of *Leptodactylus* larvae (Leptodactylidae: Leptodactylinae): its utility in phylogenetic reconstruction. *Journal of Morphology* 238: 287-306.
- Lavilla, E.O. 1983. Sistemática de larvas de Telmatobiinae (Anura: Leptodactylidae): 343. In: Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Lescure, J. 1972. Contribution à l'étude des amphibiens de Guyane Française II. *Leptodactylus fuscus* (Schneider). Observations écologiques et éthologiques. *Annales Muséum d'Histoire naturelle de Nice* 1: 91-100.
- Maglia, A.M.; Púgener, L.A. & Trueb, L. 2001. Comparative development of anurans: using phylogeny to understand ontogeny. *American Zoologist* 41: 538-551.
- Miranda, N.E. & Ferreira, A. 2009. Morfología oral interna de larvas dos gêneros *Eupemphix*, *Physalaemus* e *Leptodactylus* (Amphibia: Anura). *Biota Neotropica* 9: 165-176.
- Miranda, N.E.; Maciel, N.M.; Pêsoa Tepedino, K. & Sebben, A. 2014. Internal larval characters in anuran systematic studies: a phylogenetic hypothesis for *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*.
- Motta, A.; Teixeira da Silva, E.; Neves Feio, R. & Abdala Dergam, J. 2010. The tadpole of *Leptodactylus cupreus* Caramaschi, Feio and São Pedro, 2008 (Anura, Leptodactylidae). *Zootaxa* 2640: 65-68.
- Muramatsu, C. & Gonçalves da Cruz, C. 1996. Descrição do girino de *Leptodactylus marambaiae* Izecksohn, 1976 (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Revista da Universidade Rural do Rio de Janeiro Série Ciência e Vida* 18: 53-57.
- Palavecino, P. 1997. La musculatura mandibular e hioidea de *Leptodactylus chaquensis* (Anura: Leptodactylidae). *Cuadernos de Herpetología* 11: 1-6.
- Palavecino, P. 2000. Desarrollo de la musculatura mandibular e hioidea en Leptodactylinae del noroeste argentino: 132. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Ponssa, M.L. 2008. Cladistic analysis and osteological descriptions of the frog species in the *Leptodactylus fuscus* species group (Anura, Leptodactylidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 46: 249-266.
- Ponssa, M.L.; Jowers, M.J. & de Sá, R.O. 2010. Osteology, natural history notes, and phylogenetic relationships of the poorly known Caribbean frog *Leptodactylus nesiotus* (Anura, Leptodactylidae). *Zootaxa* 2646: 1-25.
- Prado, C. & d'Heursel A. 2006. The tadpole of *Leptodactylus elenae* (Anura: Leptodactylidae), with the description of the internal buccal anatomy. *South American Journal of Herpetology* 1: 79-86.
- Púgener, L.A.; Maglia, A.M. & Trueb, L. 2003. Revisiting the contribution of larval characters to an analysis of phylogenetic relationships of basal anurans. *Zoological Journal of the Linnean Society* 139: 129-155.
- Pyron, R.A. & Wiens, J.J. 2011. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 61: 543-583.
- Rossa-Feres, D.C. & Nomura, F. 2006. Characterization and taxonomic key for tadpoles (Amphibia: Anura) from the northwestern region of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica* 6: 1-26.
- Sandoval, M.T. 2004. Microanatomía oral and bucal de las larvas de tres especies de *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae). *Revista Española de Herpetología* 18: 79-87.
- Sazima, I. 1975. Hábitos reproductivos e fase larvária de *Leptodactylus mystacinus* e *L. sibilatrix* (Anura, Leptodactylidae). In: Master's Thesis, Universidade de São Paulo, Brazil.
- Sazima, I. & Bokermann, W. 1978. Cinco novas espécies de *Leptodactylus* do centro e sudeste brasileiro (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Revista Brasileira de Biologia* 38: 889-912.
- Sokol, O.M. 1981. The larval chondrocranium of *Pelodytes punctatus*, with a review of tadpole chondrocrania. *Journal of Morphology* 169: 161-183.
- Solano, H. 1987. Algunos aspectos de la biología reproductiva del sapito silbador *Leptodactylus fuscus* (Schneider) (Amphibia: Leptodactylidae). *Amphibia-Reptilia* 8: 111-128.
- Starrett, P. 1968. The Phylogenetic Significance of the Jaw Musculature in Anuran Amphibians. In: PhD Thesis, University of Michigan, Michigan, USA.
- Vera Candiotti, M.F.; Brusquetti, F. & Netto, F. 2007. Morphological characterization of *Leptodactylus elenae* tadpoles (Anura: Leptodactylidae: *L. fuscus* group), from central Paraguay. *Zootaxa* 1435: 1-17.
- Wassersug, R.J. 1976a. Oral morphology of anuran larvae: terminology and general description. *Museum of Natural History, University of Kansas* 48: 1-23.
- Wassersug, R.J. 1976b. A procedure for differential staining of cartilage and bone in whole formaline fixed vertebrates. *Stain Technology* 5: 131-134.
- Wassersug, R.J. & Heyer, W.R. 1988. A survey of internal oral features of leptodactyloid larvae (Amphibia: Anura). *Smithsonian Contributions to Zoology* 457: 1-99.
- Wogel, H.; Abrunhosa, P. & Pombal Jr., J.P. 2000. Girinos de cinco espécies de anuros do Brasil (Amphibia: Hylidae, Leptodactylidae, Microhylidae). *Boletim do Museu Nacional. Nova serie: Zoologia* 427: 1-16.



# Diversity and conservation status of the herpetofauna for an area from north of Hidalgo, Mexico

Luis M. Badillo-Saldaña, Aurelio Ramírez-Bautista, Daniel Lara-Tufiño, Christian Berriozabal-Islas

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas. Laboratorio de Ecología de Poblaciones. Apartado Postal 1-69, Plaza Juárez, 42001 Pachuca, Hidalgo, México.

Recibido: 27 Febrero 2015

Revisado: 14 Mayo 2015

Aceptado: 09 Junio 2015

Editor Asociado: M. Vaira

## ABSTRACT

Conservation measures currently lack adequate information to assign some species of amphibians and reptiles in the categories of protection. In this study we analyzed and compared the herpetofauna of mountain cloud forest (MCF) and tropical evergreen forest (TEF) in an area north of Hidalgo. For this study, we conducted fieldwork (24 sites) and a literature review. In addition, the conservation status of species was analyzed. The herpetofauna of the municipality of Tepehuacan de Guerrero, Hidalgo, Mexico consists of 70 species (20 amphibians and 50 reptiles), nine of which are historical records that were not found in the present study. Cloud forest was more diverse (39 species) than TEF (37 species). There are discrepancies between national and international agencies of conservation regarding the threatened status of these species. The high biodiversity recorded in MCF and TEF in the study area indicates the importance of this area for conservation. In this study, we propose to reassess the conservation category of Hidalgo state herpetofauna.

Key words: Amphibians; Reptiles; IUCN; SEMARNAT; Sierra Madre Oriental.

## RESUMEN

**Diversidad y estado de conservación de la herpetofauna para un área del norte de Hidalgo, México.** Actualmente las medidas de conservación carecen de información adecuada para asignar algunas especies de anfibios y reptiles dentro de las categorías de protección. En este estudio se analizó y comparó la herpetofauna de bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP) de un área al norte de Hidalgo. Para este estudio, se realizó trabajo de campo (24 sitios) y revisión de la literatura. Además, se analizó el estado de conservación de las especies. La herpetofauna del municipio de Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo, México consta de 70 especies (20 anfibios y 50 reptiles), nueve de estas especies son registros históricos que no fueron encontrados en el presente estudio. El BMM fue más diverso (39 especies) que el BTP (37 especies). Existen discrepancias entre las agencias nacionales e internacionales de conservación con respecto al estado de amenaza de estas especies. La alta biodiversidad en el BMM y BTP podría sugerir que este sitio es un área importante para la conservación. En este estudio, proponemos reevaluar las categorías de conservación de la herpetofauna del estado de Hidalgo.

Palabras clave: Anfibios; Reptiles; IUCN; SEMARNAT; Sierra Madre Oriental.

## Introduction

The high biological diversity of Mexico is the result of its geographic location and its complex geological history, characteristics that give rise to a patchwork of environmental and microenvironment conditions for the establishment and development of a wide variety of habitats and species (Challenger and Soberón, 2008). This high diversity is also reflected

on the high diversity and endemism of amphibians and reptiles of Mexico (Wilson and Johnson, 2010; Wilson *et al.*, 2013a, 2013b). Despite efforts to conserve the high diversity of Mexican amphibians and reptiles, current conservation measures may not be effective, because of the lack of knowledge about the status and distribution of species and populations

(Howard and Bickford, 2014).

Among the first studies on herpetofauna from Mexico are those by Francisco Hernández in 1570-1577, who recorded 68 species (9 amphibians and 59 reptiles) and Dugès that on 1896 reported 218 species (37 amphibians and 181 reptiles; Flores-Villela, 1998; Vite-Silva *et al.*, 2010). Later, Martín del Campo (1937) and Smith and Taylor (1966) carried out studies on species accounts and their distribution, which increased significantly the knowledge of herpetofauna from Mexico. Currently, there are 1,227 species (378 amphibians and 849 reptiles; Wilson *et al.* 2013a, 2013b) registered in the country, of which more than half are listed as species in risk by Mexican legislation (52%; NOM-059-2010). The IUCN considers less than a quarter of these species to be threatened (see Wilson *et al.*, 2013a, 2013b).

During the years 1937-1966, explorations to register the herpetofauna of Hidalgo State were initiated in an inconsistent way (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010; Gual-Díaz and Goyenechea, 2014). In the last two decades, studies on amphibians and reptiles in Hidalgo have increased substantially (Fernández-Badillo and Goyenechea, 2010; Ramírez-Bautista *et al.*, 2010, 2014; Vite-Silva *et al.*, 2010; Huitzil and Goyenechea, 2011; Cruz-Elizalde and Ramírez-Bautista, 2012; Hernández-Salinas and Ramírez-Bautista, 2012; Ramírez-Bautista and Cruz-Elizalde, 2013). However, there are regions and vegetation types in the state that are poorly explored, from which new records have been recently registered (Berriozabal-Islas *et al.*, 2012; Ramírez-Bautista *et al.*, 2013; Badillo-Saldaña *et al.*, 2014; Lara-Tufiño *et al.*, 2014) and new species have been described (Woolrich-Piña *et al.*, 2012).

Currently, the herpetofauna of Hidalgo State is comprised by 195 species (Ramírez-Bautista *et al.*, 2014; Lemos-Espinal and Smith, 2015). This species richness represents almost 15% of the entire country's herpetofauna. In a biogeographic context, this high level of diversity is a result of the location of Hidalgo within the Sierra Madre Oriental, Transmexican Volcanic Belt, Mexican Plateau, and Gulf Coastal Plain, which present a high number of vegetation types (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010).

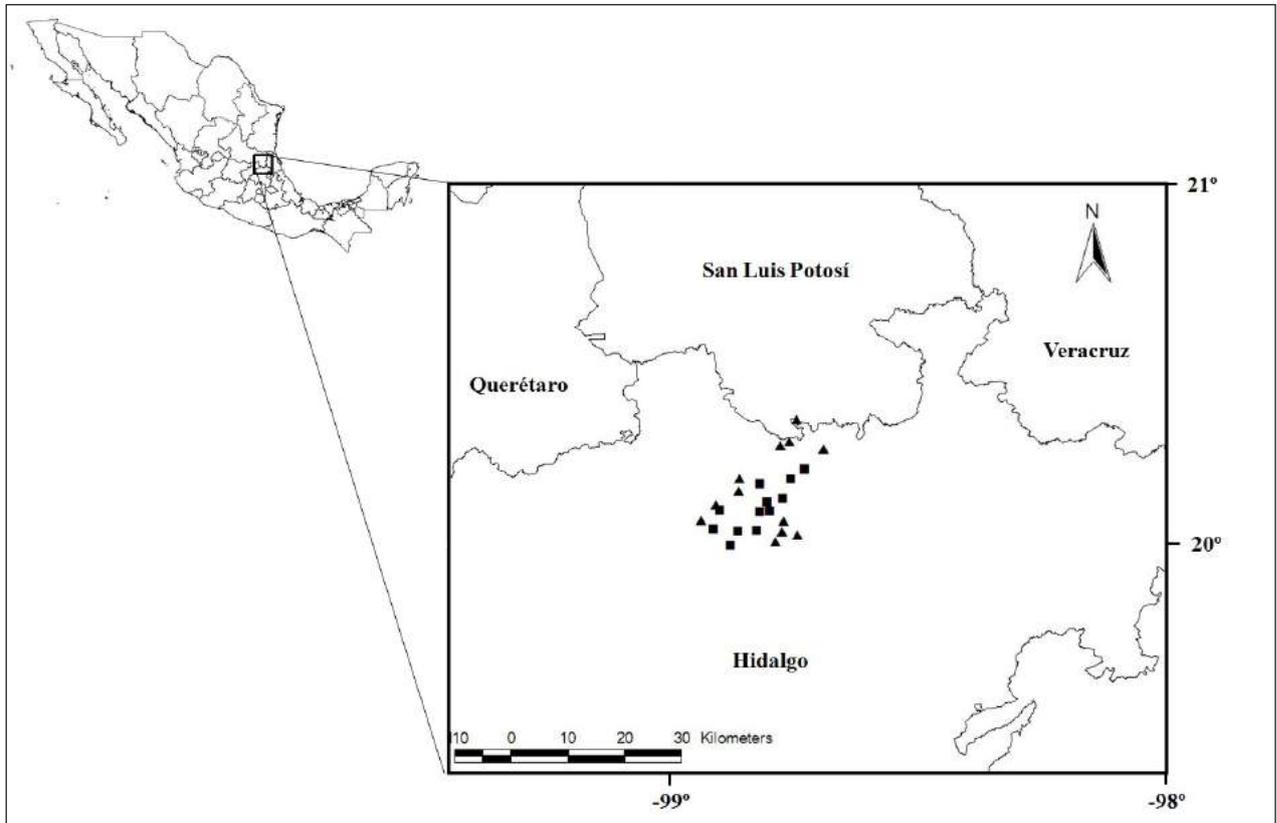
The herpetofauna from Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo, Mexico has been previously studied by Mendoza-Quijano *et al.* (2006) and Ramírez-Bautista *et al.*, (2010). However, these studies were carried out in a single vegetation type and consequently provided isolated records for this municipal-

ity. Nonetheless, both studies reported a significant number of 44 species. In spite of the reported species richness for the municipality, it is expected that a systematic study may show a higher diversity of amphibians and reptiles due to the expected increase in number of microhabitat types, as a result of the convergence of tropical evergreen forest (TEF) and mountain cloud forest (MCF). The primary goal of this study was to assess the amphibian and reptile species composition in two dominant vegetation types from the municipality of Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo, Mexico, and evaluate the conservation status of these species according to national and international conservation systems, which are compared with the Environmental Vulnerability Score (see Wilson *et al.*, 2013a, 2013b).

## Materials and methods

The municipality of Tepehuacán de Guerrero is located in northern Hidalgo, entrenched in the Sierra Madre Oriental (between 20° 56' and 21° 12' N; 98° 44' and 98° 58' W; Fig. 1), and located at an elevation range from 200 to 2000 m a.s.l. It has a territorial extension of 426.6 km<sup>2</sup>, which corresponds to 1.7% of the entire state. Dominant vegetation types are TEF and MCF (Rzedowski, 2006; INEGI, 2009). The TEF is distributed in lowlands and MCF is present in highlands, MCF is characterized by the presence of fog throughout the year. The region shows a semi-warm-humid climate, with a mean annual temperature of 24°C at low elevations and 18°C in high places (INEGI, 2009), while annual precipitation varies between 1000 and 2200 mm<sup>3</sup>, and rains are seasonal, being dry from December to May, and wet from June to November.

We visited the studied area 12 times between 2011 and 2012; six during the rainy season, and six during the dry season. Each visit consisted of two sampling days, one day per vegetation type. Surveys were made during the day (09:00-14:00 h) and night (18:00-23:00 h) by a team of four people. Thus, a total of 120 h by person of search effort was dedicated to each vegetation type. We selected 12 sites in MCF and 12 in TEF, all sites were separated by 1.5 km (airline). Four transects of 900 m were conducted at each site during the morning, and each of these transects was conducted by one person. Additionally, two transects were selected at night, and each was conducted by two people. We used the method of direct sampling, which takes into account checking all



**Figure 1.** Study area. The triangles represent the surveys sites of tropical evergreen forest and squares correspond to mountain cloud forest.

potential microhabitats occupied by amphibians and reptiles according to their natural history (Casas-Andreu *et al.*, 1991; Manzanilla and Péfaur, 2000; Amador, 2010). To assess abundance, we counted all individuals of each species observed at each site.

Most species were identified directly in the field with the use of identification keys for amphibians and reptiles; however, when specimens were not recognized in the field, they were collected in order to identify them in the Laboratorio de Ecología de Poblaciones (LEP) of the Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) of the Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Specimens were collected under scientific permit SGPA/DVGS/02419/10 issued by SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), and then euthanized and preserved using the method proposed by Casas-Andreu *et al.* (1991).

Scientific names were updated according to the most recent taxonomic changes (Ramírez-Bautista *et al.*, 2010; Wilson *et al.*, 2013a, 2013b; Streicher *et al.*, 2014; Ramírez-Bautista *et al.*, 2014; Mesa-Lázaro and Nieto-Montes de Oca, 2015). The verification of species assignment was made by Uriel Hernández-Salinas. In addition to the field work, a literature

search was made to identify historical records for the study area and generate in conjunction with the field data an updated list of the herpetofauna of the study area.

We developed a species list for each vegetation type, and to obtain an approximation to the level of conservation risk that these species are confronting, we included the protection category for each species according to national (NOM-059-SEMARNAT-2010) and international (Redlist-IUCN) conservation assessment systems and compared these systems with the Environmental Vulnerability Score (EVS) in which a score of 3-9 corresponds to the low threat category, 10-13 corresponds to medium threat, and 14-20 corresponds to the high threat category (see Wilson *et al.*, 2013a, 2013b).

To obtain the completeness of the inventory, we generated a species accumulation curve. The completeness was measured by Bootstrap estimator, because this estimator does not consider the rare species of the sample, and it has been proposed as one of the most accurate estimators to assess the herpetological communities under a more realistic scenario, especially when working with reptiles, because, populations of this group of vertebrates often

have low densities (Carbajal-Cogollo and Urbina-Cardona, 2008; Urbina-Cardona *et al.*, 2008). For completeness analysis of the inventory only the data obtained during the fieldwork was used.

## Results

As a result of fieldwork, we report 61 species (18 amphibians and 43 reptiles). Of these, 26 species are new records for this municipality. In the literature review we found only two studies of amphibians and reptiles for the region, which provide a list of 42 species. Of these 42 species, in the field work we did not find nine species (*Incilius occidentalis*, *Eleutherodactylus guttillatus*, *Corythophanes hernandesii*, *Oxybelis aeneus*, *Geophis latifrontalis*, *G. mutitorques*, *Imantodes gemmistratus*, *Pliocercus elapoides*, and *Rhadinaea marcellae*). Therefore, the entire herpetofauna for the municipality of Tepehuacán de Guerrero is composed of 70 species. Twenty species are amphibians (6 families and 11 genera), and 50 species are reptiles (15 families and 34 genera). The family Hylidae was the most diverse for amphibians, and the family Dipsadidae was the most diverse for reptiles. Forty percent of the species found in this study are endemic to Mexico (Table 1).

According to vegetation type, MCF showed the highest richness, with 39 species of amphibians and reptiles (Table 1). The completeness of the inventory for this environment was 86% (Bootstrap, 45 species). In TEF, the species list included 37 amphibians and reptiles (Table 1), with a completeness of the inventory of 84% (Bootstrap, 44 species). MCF was richer in amphibians than TEF, whereas TEF showed a higher diversity of reptiles (Table 1).

According to NOM-059-2010 of Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, of the 70 recorded species from this municipality, *Lithobates johnei* is the only species (1.4%) that is regarded as endangered (P), 18 species (25.7%) are in the category of special protection (Pr), and 13 species (18.6%) under the status of threatened (Am), whereas, 38 (54.3%) are not given a conservation status (Nc) by this system. According to the IUCN Red list (2014), *Pseudoeurycea gigantea* (1.4% of species) is considered critically endangered, four species (5.7%) are regarded as endangered, three (4.3%) as near threatened, eight (11.4%) as vulnerable, 39 (55.7%) are in the category of least concern, 13 (18.6%) are not evaluated and the remaining two species (2.9%) are not assigned to any category due to insufficient

information (Table 1). Finally according to the EVS system, the species are distributed in three categories, 33 species (47.2%) low risk, 22 (31.4%) medium risk, and 15 (21.4%) high risk (Table 1).

## Discussion

In this study we report a high diversity of amphibians and reptiles for the municipality of Tepehuacán de Guerrero, which is the result of the significant topographic complexity of the region. In this area, elements of different origins converge, mainly Neartic and Neotropical, and also from the Sierra Madre Oriental that is regarded as a diversity hotspot in Mexico (Canseco-Márquez *et al.*, 2004; Mendoza-Quijano *et al.*, 2006).

The herpetofauna of the study area is represented by 70 species, which correspond to 35.9% of the total herpetofauna of Hidalgo State (Ramírez-Bautista *et al.*, 2014), and 33.8% of the herpetofauna recorded for the Sierra Madre Oriental. Of the 70 species registered, 15% corresponds to endemic species (Canseco-Márquez *et al.*, 2004). These results highlight the relevance of the study area for the conservation of an important portion of the Mexican herpetofauna (Vite-Silva *et al.*, 2010; Cruz-Elizalde and Ramírez-Bautista, 2012). The notable high richness in the region may be partly due to the array of environmental conditions (temperature, humidity, and heterogeneity of microhabitats) present in each forest type (TEF and MCF) which in turn help to maintain a high diversity of this group of vertebrates (Pineda and Halffter, 2003; Urbina-Cardona *et al.*, 2008). Regarding species richness by vegetation types, MCF showed the highest amphibians richness compared to TEF (Table 1), and this might be explained by the importance of water and humidity conditions for the distribution of this biological group (Jansen and Healey, 2003; Cushman, 2006; Vitt and Caldwell, 2009), in this forest the presence of ambient humidity is constant throughout the year (CONABIO, 2010). On the contrary, TEF showed higher reptile richness than MCF (Table 1). This pattern could be the result of physiological requirements of this group since reptiles are closely linked to the specific environmental variables such as heat sources (Urbina-Cardona and Reynoso, 2009; Ramírez-Bautista and Cruz-Elizalde, 2013); for instance, higher ambient temperatures that occur in TEF allow for better thermoregulation activity by reptiles than in MCF (Urbina-Cardona *et al.*, 2008;

**Table 1.** Species distribution by vegetation types from the municipality of Tepehuacan de Guerrero. Vegetation type: MCF= mountain cloud forest, TEF= tropical evergreen forest. Conservation status according to NOM-059-SEMARNAT-2010: Am= threatened, Pr= special protection, P= endangered, Nc= not considered; Red list-IUCN: NT= near threatened, V= vulnerable, CE= critically endangered, LC= least concern, EN= endangered, DD= data deficient, NE= not evaluated. \* Species reported from literature not found in field work. EM= endemic of Mexico, NEM= not endemic of Mexico.

Class Order Family Species	Vegetation type		Distribution	NOM-059 SEMARNAT 2010	Redlist IUCN	Environmental Vulnerability Score
	MCF	TEF				
Amphibia						
Caudata						
<b>Plethodontidae</b>						
<i>Pseudoeurycea bellii</i>	X	-	EM	Am	VU	12
<i>P. cephalica</i>	X	-	EM	Am	NT	14
<i>P. gigantea</i>	X	-	EM	Nc	CE	16
Anura						
<b>Bufonidae</b>						
<i>Rhinella marina</i>	-	X	NEM	Nc	LC	3
<i>Incilius nebulifer</i>	X	X	NEM	Nc	LC	6
<i>I. occidentalis</i> *	-	X	EM	Nc	LC	11
<i>I. valliceps</i>	X	X	NEM	Nc	LC	6
<b>Craugastoridae</b>						
<i>Craugastor decoratus</i>	X	-	EM	Nc	VU	15
<i>C. rhodopis</i>	X	-	EM	Nc	VU	14
<b>Eleutherodactylidae</b>						
<i>Eleutherodactylus guttillatus</i> *	X	-	EM	Nc	LC	11
<i>E. longipes</i>	X	-	EM	Nc	VU	15
<i>E. verrucipes</i>	-	X	EM	Pr	VU	16
<b>Hylidae</b>						
<i>Charadrahyla taeniopus</i>	X	-	EM	Am	VU	13
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	X	X	EM	Nc	NT	9
<i>Plectrohyla charadricola</i>	-	X	EM	Am	EN	14
<i>Smilisca baudinii</i>	X	X	NEM	Nc	LC	3
<i>Trachycephalus typhonius</i>	-	X	NEM	Nc	LC	4
<b>Ranidae</b>						
<i>Lithobates berlandieri</i>	X	X	NEM	Pr	LC	7
<i>L. johni</i>	-	X	EM	P	EN	14
<i>L. spectabilis</i>	X	X	EM	Nc	LC	12
Reptilia						
Testudines						
<b>Kinosternidae</b>						
<i>Kinosternon herreraei</i>	-	X	EM	Pr	NT	14
Squamata: Lizards						
<b>Anguidae</b>						
<i>Abronia taeniata</i>	X	-	EM	Pr	VU	15
<i>Gerrhonotus ophiurus</i>	X	-	EM	Nc	LC	12
<b>Corytophanidae</b>						

<i>Corythophanes hernandesii</i> *	X	-	NEM	Pr	LC	13
<b>Dactyloidae</b>						
<i>Anolis lemurinus</i>	X	-	NEM	Nc	NE	8
<i>A. naufragus</i>	X	X	EM	Pr	VU	13
<i>A. petersii</i>	X	-	NEM	Nc	NE	9
<i>A. sericeus</i>	-	X	NEM	Nc	NE	8
<b>Gekkonidae</b>						
<i>Hemidactylus frenatus</i>	-	X	NEM	Nc	LC	4
<b>Phrynosomatidae</b>						
<i>Sceloporus cyanogenys</i>	-	X	EM	Nc	NE	16
<i>S. serrifer</i>	-	X	NEM	Pr	LC	6
<i>S. variabilis</i>	X	X	NEM	Nc	LC	5
<b>Sphenomorphidae</b>						
<i>Scincella gemmingeri</i>	X	X	EM	Pr	LC	11
<i>S. silvicola</i>	X	X	EM	Pr	LC	12
<b>Teiidae</b>						
<i>Holcosus undulatus</i>	X	X	NEM	Nc	LC	7
<b>Xantusiidae</b>						
<i>Lepidophyma occulor</i>	-	X	EM	Pr	LC	14
<i>L. sylvaticum</i>	X	X	EM	Pr	LC	11
Squamata: Snakes						
<b>Boidae</b>						
<i>Boa constrictor</i>	X	X	NEM	Am	NE	10
<b>Colubridae</b>						
<i>Coluber constrictor</i>	-	X	NEM	Am	LC	10
<i>Drymarchon melanurus</i>	-	X	NEM	Nc	LC	6
<i>Drymobius chloroticus</i>	X	-	NEM	Nc	LC	8
<i>D. margaritiferus</i>	X	X	NEM	Nc	NE	6
<i>Lampropeltis polyzona</i>	X	-	NEM	Am	NE	7
<i>Leptophis diplotropis</i>	X	X	EM	Am	LC	6
<i>L. mexicanus</i>	X	-	NEM	Am	LC	14
<i>Mastigodryas melanolomus</i>	X	-	NEM	Nc	LC	6
<i>Oxybelis aeneus</i> *	X	-	NEM	Nc	NE	5
<i>Pseudoelaphe flavirufa</i>	-	X	NEM	Nc	LC	10
<i>Spilotes pullatus</i>	-	X	NEM	Nc	NE	6
<b>Dipsadidae</b>						
<i>Chersodromus rubriventris</i>	X	-	EM	Pr	EN	14
<i>Coniophanes fissidens</i>	-	X	NEM	Nc	NE	7
<i>C. imperialis</i>	X	X	NEM	Nc	LC	8
<i>Geophis latifrontalis</i> *	X	-	EM	Pr	DD	14
<i>G. mutitorques</i> *	X	-	EM	Pr	LC	13
<i>Imantodes gemmistratus</i> *	X	-	NEM	Pr	NE	6
<i>Leptodeira maculata</i>	-	X	EM	Nc	LC	7
<i>L. septentrionalis</i>	-	X	NEM	Nc	NE	8
<i>Ninia diademata</i>	-	X	NEM	Nc	LC	9
<i>Pliocercus elapoides</i> *	X	-	NEM	Am	LC	10

<i>Rhadinaea gaigeae</i>	X	-	EM	Nc	DD	12
<i>R. marcellae</i> *	X	-	EM	Pr	EN	12
<i>Tropidodipsas sartorii</i>	-	X	NEM	Nc	LC	9
<b>Natricidae</b>						
<i>Nerodia rhombifer</i>	X	X	NEM	Nc	LC	10
<i>Storeria dekayi</i>	X	-	NEM	Nc	LC	7
<i>Thamnophis proximus</i>	X	-	NEM	Am	LC	7
<i>T. eques</i>	X	-	NEM	Am	LC	8
<b>Elapidae</b>						
<i>Micrurus diastema</i>	-	X	NEM	Pr	LC	8
<i>M. tener</i>	X	-	NEM	Pr	LC	11
<b>Viperidae</b>						
<i>Atropoides nummifer</i>	X	-	EM	Am	LC	13
<i>Bothrops asper</i>	X	X	NEM	Nc	NE	12

Vitt and Caldwell, 2009).

The twenty six species registered during field work suggests that more field work is required to determine the current distribution and diversity of amphibians and reptiles in Hidalgo State (Ramírez-Bautista *et al.*, 2014). However, notwithstanding of these new records, in this study nine species reported previously for the study area were not found. This finding indicates to the possibility that these species could be locally extinct. Perhaps, due to the fact that these species may need specific requirements for living and thrive in, and in this way to establish in this area. The species loss could be a consequence of the high rate by change of land use in the region, which could be exerting a strong pressure on populations of these species, and therefore, on reducing diversity of amphibians and reptiles of the region.

A high number of species was found to be listed under some conservation category in accordance to the national (32 species, 45.7%; NOM-059) and international (16 species, 22.8%; IUCN) organizations that categorize species according to extinction risk. However, there are discrepancies when comparing national and international conservation assessment systems. For instance, IUCN (2014) regards *Pseudoeurycea gigantea* as critically endangered, but the same species is not assessed by the NOM-059-2010, and according to the EVS system, this species presents a score of 16, which corresponds the high threat category (Table 1). The primary reasons by the IUCN and the EVS to place this species within the category of critically endangered are the decline in its populations and its restricted distribution, both ecologically and geographically. A possible reason of the

absence of this species in the NOM-059-2010 is that for decades this species was considered a synonymy of *P. bellii* species listed by this evaluation system. Therefore, natural history data between these two species may have been confused (Badillo-Saldaña *et al.*, 2015).

Furthermore, in the national evaluation system (NOM-059-SEMARNAT-2010), 11.5% of the species reported in this study are overvalued according to the EVS system, so that, the category of these species probably should be reconsidered. For example, *Sceloporus serrifer* (Pr, NOM-059; LC, IUCN; 6 EVS) is a species with a widespread distribution within and outside the country, with populations moderately abundant (Lee, 1996). In this sense, we advocate the conservation status reassessment of the risk category for this by the NOM-059, considering some criteria such as geographic distribution, vegetation types, reproductive characteristics, and human related pressures, as those encompassed in the EVS system (see Wilson *et al.*, 2013a, 2013b).

Therefore, using the EVS system, species that are not considered in a risk category by the other systems (NOM-059 and IUCN) may be relevant for conservation actions, and the risk category of species listed in the NOM-059 and IUCN systems could be corroborated. This is important, since the conservation status of many species is unknown due to the lack of populations data (Howard and Bickford, 2014), as well as on information on the anthropic effects on species and communities from areas with high biological richness and the consequent implementation of appropriate strategies and areas of conservation (Porter-Bolland *et al.*, 2012).

Therefore, we could be implementing inappropriate conservation actions for some species that might be threatened and that there are not considered within national or international law because of lack of data (Howard and Bickford, 2014). Therefore, it is important to conduct natural history studies (Vitt, 2013) to provide an adequate risk assessment (Howard and Bickford, 2014).

These ideas are deemed important for the herpetofauna of MCF and TEF, with their high values of species richness and endemism. The main concern is that these forests are disappearing at an accelerating rate in the region, as a result of human related activities such as increasing farming, ranching, mining, and settlements (Challenger and Soberón, 2008; Mass *et al.*, 2009; Gual-Díaz and Goyenechea, 2014a, 2014b), Nonetheless, in spite of the important efforts that have been invested addressing wildlife conservation in the state of Hidalgo and Mexico as a whole, more adequate legislation is highly desirable for enhancing protection of wildlife.

### Acknowledgments

We thank projects CONABIO FB1580/JM001/12 and FOMIX-2012/191908. We also thank J. E. Tomas Villegas and U. Hernández-Salinas for their help in the field, and all the staff of the LEP of CIB, UAEH; to V. Mata-Silva for his help in reviewing this paper and the people from the municipality of Tepehuacán de Guerrero for their logistic help; and SEMARNAT by the permission granted us. We also want to thank the two anonymous reviewers for comments received in this paper.

### Literature Cited

- Amador, L. 2010. Técnicas para el monitoreo de vertebrados. Escuela de Biología Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- Berriozabal-Islas, C.; Ramírez-Bautista, A.; Badillo-Saldaña, L.M. & Cruz-Elizalde, R. 2012. New record of the snake *Leptophis diplotropis* (Günther, 1872) (Squamata: Colubridae) from Hidalgo State, México. *Check List* 8: 1370-1372.
- Badillo-Saldaña, L.M.; Berriozabal-Islas, C. & Ramírez-Bautista, A. 2014. New record of the snake *Drymobius chloroticus* (Cope, 1886) (Squamata: Colubridae) from Hidalgo, Mexico. *Check List* 10: 199-201.
- Badillo-Saldaña, L.M.; Ramírez-Bautista, A.; Berriozabal-Islas, C. & Beteta-Hernández, C.I. 2015. Range extension of the Giant Salamander, *Pseudoeurycea gigantea* (Taylor 1938) (Caudata: Plethodontidae), and some aspects of its natural history within Hidalgo state, Mexico. *Check List* 11: 152.
- Canseco-Márquez, L.; Mendoza-Quijano, F. & Gutiérrez-Mayen, M.G. 2004. Análisis de la distribución de la herpetofauna: 417-438. *En*: Luna-Vega, I.; Morrone, J.J. & Esparza D. (eds.), Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Carvajal-Cogollo, J.E. & Urbina-Cardona J.N. 2008. Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical de Córdoba, Colombia. *Tropical Conservation Science* 1: 397-416.
- Casas-Andreu, G.; Valenzuela, G. & Ramírez-Bautista, A. 1991. ¿Cómo hacer una colección de anfibios y reptiles? Cuadernos del Instituto de Biología 10. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Challenger, A. & Soberón, J. 2008. Los ecosistemas terrestres: 87-108. *En*: Soberón, J.; Halffter, G. & Llorente-Bousquets, J. (eds.), Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO. 2010. El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Cruz-Elizalde, R. & Ramírez-Bautista, A. 2012. Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 458-467.
- Cushman, S. 2006. Effects of habitat loss fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation* 128: 231-240.
- Fernández-Badillo, L. & Goyenechea, I. 2010. Anfibios y reptiles del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 705-712.
- Flores-Villela, O. 1998. Herpetofauna de México: Distribución y endemismo: 251-278. *En*: Ramammoorthy, T; Bye R., Lot, A., Fa, J. (eds.), Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Gual-Díaz, M. & Goyenechea, I. 2014. Anfibios en el bosque mesófilo de montaña en México: 249-262. *En*: Gual-Díaz, M. & Rendón-Correa, A. (eds.), Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Gual-Díaz, M. & Goyenechea, I. 2014. Reptiles en el bosque mesófilo de montaña en México: 263-278. *En*: Gual-Díaz, M. & Rendón-Correa A. (eds.), Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Hernández-Salinas, U. & Ramírez-Bautista, A. 2012. Diversity of amphibian communities in four vegetation types of Hidalgo State, Mexico. *The Open Conservation Biology Journal* 5: 25-35.
- Howard, S.D & Bickford, D.P. 2014. Amphibians over the edge: silent extinction risk of data deficient species. *Diversity and Distributions* 20: 837-846.
- Huitzil, J. C. & Goyenechea, I. 2011. Primeros registros de herpetozoos en Zimapán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 717-720.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tepehuacán

- de Guerrero, Hidalgo. Clave geoestadística 13062.
- IUCN. 2014. The IUCN Red List of threatened species. Version 2014.1. Available at <<http://www.iucnredlist.org>>. Last accessed 07 July 2014.
- Jansen, A. & Healey, M. 2003. Frog communities and wetland condition: Relationship with grazing by domestic livestock along an Australian floodplain river. *Biological Conservation* 109: 207-219.
- Lara-Tufiño, D.; Hernández-Austria, R.; Wilson, L.D.; Berriozabal-Islas, C. & Ramírez-Bautista, A. 2014. New state record for the snake *Amastridium sapperi* (Squamata: Dipsadidae) from Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 654-657.
- Lee, J. C. 1996. The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula. Cornell University Press. USA.
- Lemos-Espinal, J. A. & G. R. Smith. 2015. Amphibians and reptiles of the state of Hidalgo, Mexico. *Check List* 11:1-11
- Manzanilla, J. & Péfaur, J.E. 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. *Revista de Ecología Latinoamericana* 7:17-30.
- Martín del Campo, R. 1937. Contribución al conocimiento de los batracios y reptiles del Valle del Mezquital, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología* 8: 260-266.
- Mass, J.F.; Velázquez, A. & Couturier, S. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura y uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental* 1: 23-39.
- Mendoza-Quijano, F.; Quijano-Manilla, G. & Mendoza-Paz, R.F. 2006. Análisis fenético de la herpetofauna de los bosques mesófilos de montaña del este de Hidalgo: 99-109. *En: Ramírez-Bautista, A.; Canseco-Márquez, L. & Mendoza-Quijano, F. Inventarios Herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana. México D.F.*
- Meza-Lázaro, R.N. & Nieto-Montes de Oca, A. 2015. Long forsaken species diversity in the Middle American lizard *Holcosus undulatus* (Teiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 2015: 1-22.
- Pineda, E. & Halffter, G. 2003. Species diversity and habitat fragmentation: Frogs in tropical mountane landscape in Mexico. *Biological Conservation* 117: 499-508.
- Porter-Bolland, L.; Ellis, E.A.; Guariguata, M.R.; Ruiz-Mallén, I.; Negrete-Yankelevich, S. & Reyes-García, V. 2012. Community managed forests and forest protected areas: An assessment of their conservation effectiveness across the tropics. *Forest Ecology and Management* 268: 6-17.
- Ramírez-Bautista, A.; Hernández-Salinas, U.; Mendoza-Quijano, F.; Cruz-Elizalde, R.; Stephenson, B.P.; Vite-Silva V.D. & Leyte-Manrique, A. 2010. Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Ramírez-Bautista, A. & Cruz-Elizalde, R. 2013. Reptile community structure in two fragments of cloud forest of the Sierra Madre Oriental, Mexico. *North-Western Journal of Zoology* 9: 410-417.
- Ramírez-Bautista, A.; Berriozabal-Islas, C.; Cruz-Elizalde, R.; Hernández-Salinas, U. & Badillo-Saldaña, L.M. 2013. Rediscovery of the snake *Chersodromus rubriventris* (Squamata: Colubridae) in cloud forest from Sierra Madre Oriental, México. *Western North American Naturalist* 73: 392-398.
- Ramírez-Bautista, A.; Hernández-Salinas, U.; Cruz-Elizalde, R.; Berriozabal-Islas, C.; Lara-Tufiño, D.; Goyenechea, I. & Castillo-Cerón, J. 2014. Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, biogeografía y conservación. Sociedad Herpetológica Mexicana. México.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Primera edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana 059 (NOM-059). Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestre, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio, lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación (segunda edición).
- Smith, H.M. & Taylor, E.H. 1966. Herpetology of Mexico. Annotated checklist and key to amphibians and reptiles. A reprint of Bulletins 187, 194, 199 of the United States National Museum with a list of subsequent taxonomic innovation. Eric Lundberg. Aston, Maryland.
- Streicher, J.W.; García-Vázquez, U.O.; Ponce-Campos, P.; Flores-Villela, O.; Campbell J.A. & Smith, E.N. 2014. Evolutionary relationships amongst polymorphic direct-developing frogs in the *Craugastor rhodopis* species group (Anura: Craugastoridae). *Systematics and Biodiversity* 12: 1-22.
- Urbina-Cardona, J.N.; Lodoño-Murcia, M.C. & García-Ávila, D.G. 2008. Dinámica de espacio-temporal en la diversidad de serpientes en cuatro tipos de hábitat con diferente grado de alteración antropogénica en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona, Pacífico Colombiano. *Caldasia* 30: 479-493.
- Urbina-Cardona, J.N. & Reynoso, V.H. 2009. Uso de microhábitat por hembras grávidas de la rana de hojarasca *Craugastor loki* en la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 571-573.
- Vite-Silva, V.D.; Ramírez-Bautista, A. & Hernández-Salinas, U. 2010. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 473-485.
- Vitt, L.J. 2013. Walking the natural-history trail. *Herpetologica* 69: 105-117.
- Vitt, L. & Cadwell, J.J. 2009. Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. Academic Press. San Diego.
- Wilson, L.D. & Johnson, J.D. 2010. Distributional patterns of the herpetofauna of Mesoamerica, a biodiversity hotspot: 31-235. *En: Wilson, L.D.; Townsend, J.H. & Johnson, J.D. (eds.), Conservation of the Mesoamerican Amphibians and Reptiles. Eagle Mountain Publisher, L. C. Eagle Mountain, Utah.*
- Wilson, L.D.; Mata-Silva, V. & Johnson, J.D. 2013a. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian and Reptile Conservation* 7: 1-47.
- Wilson, L.D.; Johnson, J.D. & Mata-Silva, V. 2013b. A conservation reassessment of the amphibians of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian and Reptile Conservation* 7: 97-127.
- Woolrich-Piña, G.A. & Smith, G.R. 2012. A new species of *Xenosaurus* from the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Herpetologica* 68: 551-559.



## La Morfología Comparada: el despertar de la Bella Durmiente

Virginia Abdala

Instituto de Biodiversidad Neotropical. UNT – CONICET. Cátedra de Biología General, UNT. Miguel Lillo 205, 4000 San Miguel de Tucumán. Argentina.

Recibida: 15 Enero 2015

Revisada: 15 Marzo 2015

Aceptada: 30 Abril 2015

Editor Asociado: M.F. Vera Candioti

### RESUMEN

En este trabajo comparto mis reflexiones acerca del apogeo de la morfología comparada durante la escuela alemana de la Filosofía Natural. Propongo que esta corriente epistemológica nace como una reacción de los intelectuales de la época a las terribles condiciones en que los datos anatómicos eran obtenidos, de criminales ejecutados, robo de cadáveres, etc., sumado a la situación socio-económica crítica de la época. Asimilo el ocaso histórico de la Morfología Comparada con la preponderancia de los estudios genéticos y ecológicos generados por la Síntesis Evolutiva Moderna y su renacimiento en nuestros días debido a que el programa de investigación conocido como Evo Devo vuelve a centrar sus preguntas en el origen de la forma, sumado a la matematización de los estudios morfológicos a través de la Morfometría Geométrica y Ecomorfología. Hago un paralelismo con la historia de la Bella Durmiente, quien, como la Morfología, permanece suspendida durante mucho tiempo en un estado de inconsciencia aparentemente irreversible e improductivo, hasta que revive con todas sus facultades intactas, incrementadas y listas para ser desarrolladas en toda su plenitud.

Palabras clave: Anatomía Comparada; Historia de la Ciencia; Naturphilosophie; Morfología.

### ABSTRACT

**Comparative Morphology: the revival of the Sleeping Beauty.** In this work I share my thoughts about of the climax of the Comparative Morphology contemporaneous with the raising of the german Naturphilosophie. I propose that this epistemological perspective arose as a reaction of the intellectuals against the horrible context in which the anatomical data were obtained: death bodies, organ robberies, plus the socioeconomic crisis in that epoch. I relate the decline of the Comparative Morphology to the preponderance of the genetical and ecological research derived from the Evolutive Theory. The revival of the Comparative Morphology occurs with the advent of the Evo Devo research program, that poses important questions about morphology, and the mathematical approach of the morphological studies through the Geometrical Morphology and Ecomorphology. I trace a parallel with the Sleeping Beauty story in which someone remains in a suspended dream as with the Morphology, until the scientific community is ready to pay attention to that person, recognizing that much remains to be discovered by studying the morphology of the living beings.

Key words: Comparative Anatomy; History of Science; Naturphilosophie; Morphology.

La morfología es una disciplina de la Biología cuyos orígenes pueden rastrearse a los albores de esa relación profunda que el hombre establecería con la Naturaleza a través del conocimiento (en la Figura 1 presento una línea de tiempo que ayudará a ubicar los hitos que menciono en este trabajo). Los antecedentes más antiguos de los estudios morfológicos se encuentran en las indagaciones sobre anatomía

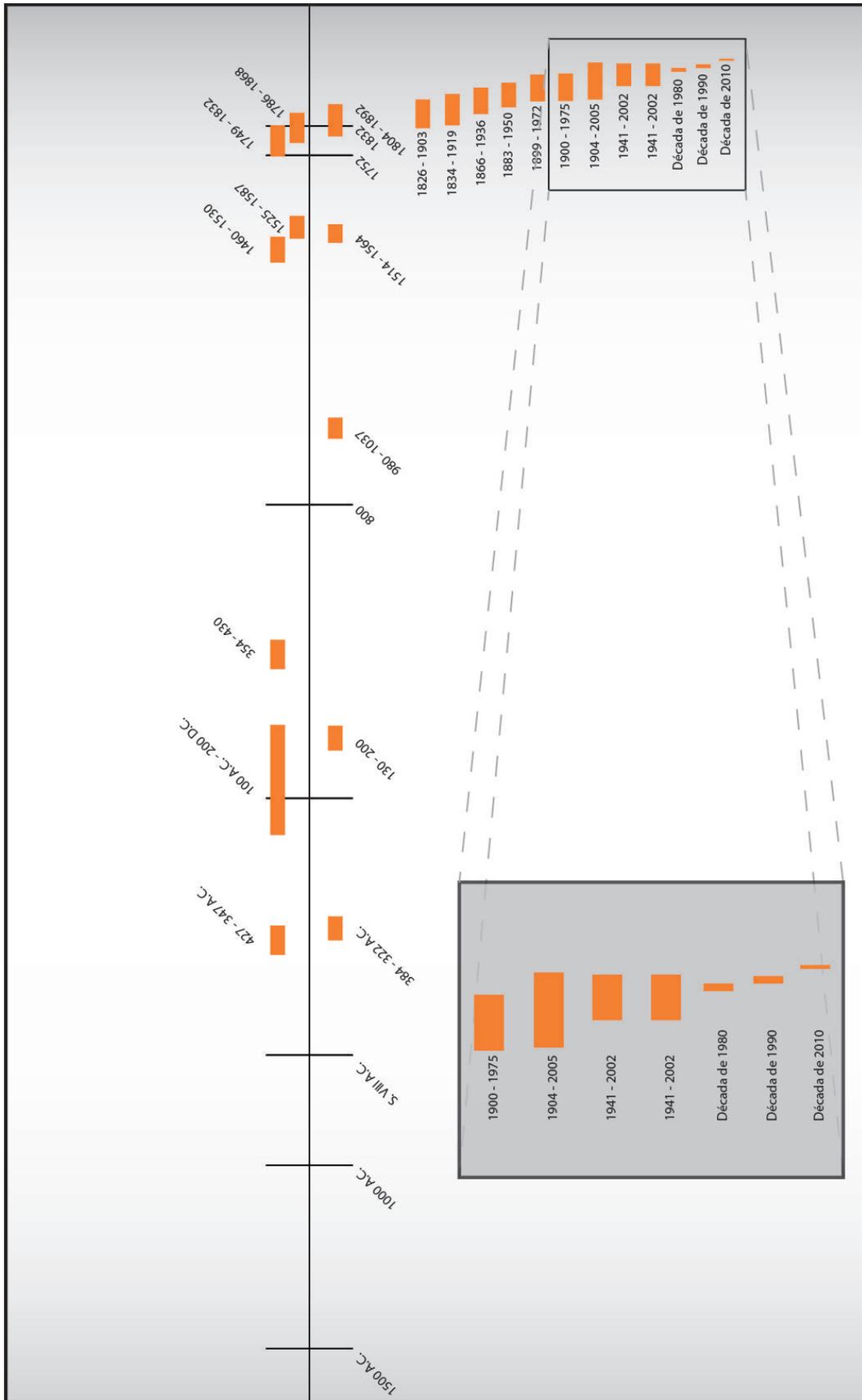
humana que se realizaron desde tiempos remotos en el ámbito de la prevención y cura de los males del cuerpo. La anatomía puede unirse a la medicina para integrar el grupo de esas continuidades milenarias, casi sin nacimiento (Foucault, 1969). En el contexto de la filosofía Védica, existen registros cuidadosos y detallados de la medicina Ayurvedica, cuyos textos fundamentales se remontan alrededor de 4000 años

antes de Cristo (Loukas *et al.*, 2010). El papiro de Ebers, proveniente del antiguo Egipto y datado en 1500 años antes de Cristo, contiene 877 apartados que describen numerosas enfermedades en varios campos de la medicina y evidencia un conocimiento muy acabado de la anatomía humana. Los sistemas médicos más avanzados de la antigüedad (por ejemplo los indios y árabes) están profundamente ligados al conocimiento de la anatomía humana, la que también se ligó al arte y la guerra (Loukas *et al.*, 2010). En la India de alrededor del año 1000 antes de Cristo, los conocimientos de anatomía y fisiología provenían de disecciones humanas ya que, aparentemente, no se solía diseccionar animales (Bochetti, 2008; Loukas *et al.*, 2010). En la Grecia antigua, los primeros documentos que nos sirven para profundizar en la concepción de la época acerca del cuerpo humano y la anatomía son la *Ilíada* y la *Odisea*, escritos por Homero hacia el siglo VIII a. C. Gracias a los detalles descriptivos de Homero podemos tener una idea de la concepción que los griegos tenían del cuerpo humano y de su importancia. Homero habla de 128 heridas mortales, 37 no mortales y 10 contusiones en distintas partes del cuerpo (Bochetti, 2008). Sin embargo puede atribuirse con toda justicia a Aristóteles el título de primer biólogo y también de fundador de la Anatomía Comparada (Russell, 1916). Aristóteles fue un empirista cuyo profundo interés por la naturaleza contrasta con la filosofía platónica dominante, que desconfía de la información provista por los sentidos: mientras Platón desprecia la naturaleza, Aristóteles observa delfines y ballenas. Mientras el platonismo ridiculiza y desalienta la ciencia empírica, Aristóteles se convierte en un biólogo sagaz y detallista (Koestler, 1981).

La medicina impulsó no solo el estudio de la anatomía humana, sino también el de las plantas, en las que se buscaría remedio para las enfermedades de cuerpo y alma. El helenismo (aproximadamente 100 años antes de Cristo a 200 años después) encuentra a Alejandría convertida en capital de la medicina y a las disecciones en una práctica cotidiana; es la época de Galeno (130-200), cuya obra perduraría en las prácticas de la medicina occidental por más de 1000 años. Hacia fines de la antigüedad y durante la Alta Edad Media, el platonismo representa la filosofía dominante, que va a ser modificada para adaptarse a las necesidades de dos de las grandes religiones monoteístas: cristianismo y judaísmo y, algunos siglos después, también a las del islamismo (Armstrong, 2008). Uno de los más conspicuos representantes

del neoplatonismo es San Agustín (354-430), cuyo pensamiento expresa claramente la filosofía de la época, al considerar que el único conocimiento deseable es el de Dios y del alma y que no se obtiene beneficio alguno investigando el reino de la naturaleza (Koestler, 1981). A pesar de no alinearse con la concepción dominante o «episteme» de la época, durante el año 1000 la obra de Avicena (980-1037), considerado uno de los más grandes médicos de la historia, contribuye grandemente al conocimiento de la anatomía humana. Ya en la Baja Edad Media, particularmente después de la introducción de los textos árabes en el Siglo XIII, Aristóteles domina la mente de los naturalistas. Es importante tener en cuenta que estos anatomistas medievales hacían sus estudios más preocupados por el funcionamiento de los órganos que por la forma en sí, eran más fisiólogos que anatomistas (Russell, 1916). Vemos así, que los ancestros de la Bella Durmiente, que no es otra que la Morfología Comparada, se pierden en la historia de la humanidad, por lo que esta Bella es una aristocrática disciplina científica.

Sin embargo, como en la mayoría de las familias aristocráticas cuyas raíces se remontan a la noche de los tiempos, el pasado de Bella también tiene fantasmas oscuros. Volviéndonos hacia la historia en el occidente más cercano, en la Inglaterra de comienzos de la Edad Moderna, el conocimiento anatómico se basó en manuscritos griegos y romanos (que a su vez recuperan y resignifican la medicina oriental como la ayurvédica, traída a occidente por los árabes) y en incontables disecciones de animales y humanos. Persistentes rumores, esperamos que infundados, achacan a Vesalius (1514-1564), - considerado el fundador de la anatomía moderna, por sus estudios que mejoran muchas de las observaciones de Galeno-, Berengario da Carpi (1460-1530) y Juan Valverde (1525-1587), las vivisecciones en perros, cerdos e incluso en humanos (Cunningham, 2003). Nicolás Steno (1638-1686), considerado el padre de la Geología, fue también un afamado anatomista que trabajó bajo la protección de Fernando II de Médici en Florencia. Como todos los anatomistas de la época, su actividad científica consistía en disecciones de cadáveres y en vivisecciones de animales (Cunningham, 2003). Pero, ¿de dónde salían estos cuerpos humanos que se usaban en las disecciones en Europa ya entrada la Edad Moderna? La mayor parte provenían de los criminales condenados a muerte. Los jueces que dictaban la sentencia de muerte podían recomendar disecciones anatóni-



**Figura 1.** Línea de tiempo con los hitos a los que se alude en todo el texto; las longitudes de las barras son proporcionales a los lapsos de tiempo considerados.

cas de los cuerpos de los ahorcados (Mitchell *et al.*, 2011). En 1752 en Inglaterra se firma la Murder Act, mediante la cual la Compañía de Cirujanos de Londres fue autorizada a disecar los cuerpos de los convictos después de su muerte, y debían exhibir estos cuerpos a la vista general (Ortega, 2010; Mitchell *et al.*, 2011). La idea por detrás de esta práctica es que alguna firma o marca posterior a la muerte, algún terror ulterior, podía servir de escarmiento adicional a la pena de muerte para prevenir los asesinatos. La disección punitiva tenía así una función moral y edificante (Ortega, 2010). En esas épocas, siglo XVIII, los hospitales de caridad se expandían a través de Gran Bretaña, y éstos tenían anexas escuelas de anatomía que utilizaban esos cadáveres para sus disecciones (Mitchell *et al.*, 2011). Es famoso el caso de los obstetras y cirujanos William Smellie y su discípulo William Hunter, de la Universidad de Glasgow, alrededor de 1750, de quienes se dice que mataron numerosas mujeres durante el parto y usaron sus cuerpos para estudios anatómicos o que, por lo menos, jamás se preocuparon en modo alguno del origen de los cuerpos de las mujeres que usaban para estudiar. Debido a que solo los cuerpos de los condenados podían ser disecados, la cantidad disponible era bastante limitada, por lo que se generó el robo y un comercio muy lucrativo, no sólo de cuerpos completos sino también de partes anatómicas, que pronto provocó un problema de alcances sociales. Vemos así una tenebrosa asociación entre los anatomistas, los verdugos y los ladrones de cadáveres que operaban al abrigo de la falta de legislación que previniese esos actos vandálicos (Mitchell *et al.*, 2011). En 1832 se publica en Inglaterra la Anatomy Act, que anula la disección punitiva. Con esta nueva ley el robo de cadáveres se vuelve innecesario porque los cuerpos de los pobres, muertos en los hospitales de caridad o en sus lugares de trabajo, podían ser utilizados legalmente para su disección. Los productos de estas disecciones que resultaban interesantes para los anatomistas se preservaban en museos y colecciones, y constituían el corazón de varios royal colleges y escuelas médicas (Mitchell *et al.*, 2011). Los órganos y partes de los cuerpos eran exhibidos como espectáculo, incluso cobrando entradas para verlos y manteniendo las colecciones con esos ingresos, que llegaron a ser muy cuantiosos.

Propongo que como una reacción a esas prácticas anatómicas bastante sórdidas: robo de cadáveres, asesinatos para el uso de los cuerpos, la disección como un castigo supremo, etc. que acercaban a los

anatomistas a lo más oscuro y despreciable de la condición humana, surge en Alemania una corriente romántica, liderada por Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), poeta, novelista, dramaturgo y científico alemán. Goethe acuña, alrededor de 1796, el término Morfología o «ciencia de la forma». Este programa de investigación liderado por él, es una disciplina comparada que estudia las diferencias y similitudes entre las estructuras orgánicas, en un marco teórico que considera la investigación acerca de la forma como una reflexión acerca de los rasgos fundamentales de la vida y del universo (Levit *et al.*, 2014). La morfología goethiana, cercana al platonismo, busca en las formas ideales, en «*Der Typus*» animales y vegetales, en los «arquetipos», la armonía, belleza, y pureza de la que carece la obtención de los datos anatómicos empíricos. La propuesta científica de Goethe es la de la morfología como una más de las ciencias formales, es la de la morfología como otra forma de geometría.

La palabra arquetipo, del griego *arjé*- elemento fundamental y *tipos* – modelo, principio, significa representación o modelo de la realidad. Los arquetipos se postulaban como modelos de descripción de los grupos animales. Para Goethe el arquetipo era mucho más que una forma hipotética, era el resumen de todas las formas, «una fuerza dinámica real de la naturaleza, una potencialidad...» (Levit *et al.*, 2014). Le tocó a Owen (1804-1892) en Inglaterra, enunciar más detalladamente la idea del arquetipo. Al igual que Platón y Aristóteles, quienes en el siglo IV antes de Cristo buscan en los entes ideales, en los movimientos uniformes de los astros, en las esferas como cuerpos perfectos, toda la belleza y armonía que la Grecia decadente de su tiempo, en bancarota económica, política y moral les negaba (Koestler, 1981), Goethe y los seguidores de la Naturphilosophie quieren otorgar a la morfología, la pureza de la que carece su práctica, de ahí su «Anatomía Trascendental». Como en la Grecia antigua, en Europa se vivía un clima de desilusión por el fracaso de las revoluciones que habían pretendido conquistar las libertades individuales, y también de hartazgo tras las grandes guerras de independencia. Las revoluciones industriales vividas en Europa entre 1750 y 1914 generaron como subproductos concentraciones urbanas caóticas y sucias, hacinamiento, enfermedades, etc. lo que completa un cuadro de profunda crisis, desánimo y depresión. Todo esto favoreció la diseminación del romanticismo alemán, que nunca alcanzó fuera de Alemania el éxito que obtuviera

allí, posiblemente porque los franceses e ingleses suelen ser menos especulativos que los alemanes, y más propensos a dirigir sus energías hacia fines prácticos (Sanchez Garnica, 2005).

Entre las teorías más conocidas de Goethe se cuentan la de la naturaleza vertebral del cráneo, el hallazgo del intermaxilar humano y la doctrina de la planta primordial. Todas estas teorías eran más bien especulaciones acerca de las formas de los seres vivos y acerca de las relaciones de unas formas con otras, aunque no sólo se abocó a la explicación morfológica y sino que pretendió dar con las fuerzas que originaban la forma (Sanchez Garnica, 2005). Hay que tener en cuenta sin embargo, que en la búsqueda del arquetipo de los vertebrados Goethe infiere la existencia del hueso intermaxilar humano: si un hueso está presente en la mayoría de los vertebrados y tiene una función importante, es probable que sea parte del arquetipo (Levit *et al.*, 2014). Para Goethe, el eje pasa por la organización lógica de la forma orgánica. Como buen idealista, la investigación empírica, o sea, el análisis del mundo en sus elementos, lejos de aproximarnos a la naturaleza nos la desvirtúa y oculta (Sanchez Garnica, 2005), en otra sorprendente analogía con la filosofía neoplatónica del desprecio por el conocimiento de la naturaleza (Koestler, 1981). Podemos considerar que con este romanticismo alemán, idealista y puro, Bella va transformándose en un área pletórica de salud, interés y misterio para los naturalistas de la época. La morfología llega, de la mano de Serres (1786-1868), Owen, Gegenbaur (1826-1903), Haeckel (1834-1919) entre tantos otros, a un clímax de gran producción de conocimiento, a variadas explicaciones acerca de la naturaleza de las formas biológicas, a inferencias que preparan el camino para el evolucionismo darwinista (Levit *et al.*, 2014). Es notable que esta propuesta formalista de Goethe demostró un llamativo poder heurístico en relación a la naturaleza, tanto por los que adherían a sus planteos como por los que se oponían fervientemente (por ejemplo los funcionalistas como Wilhelm His (1831-1904) a quien le debemos además la invención del micrótopo), generando importantes datos empíricos y profundas inferencias teóricas. La morfología trascendental, idealista, Bella, está viva, crece, es feliz y, por sobre todo, está muy despierta. Sin embargo, a pesar de la vertiente epistemológica tan platónica que predominaba en la práctica anatómica alemana, en ese país el darwinismo evolucionista, de corte netamente empirista, recibió una entusiasta acogida.

Alemania se encontraba en un momento de excepcional esplendor intelectual durante el cual el cultivo de todos los saberes morfológicos y al mismo tiempo el evolucionismo, acabó imponiéndose de un modo casi general (López Piñero, 1992).

Durante todos estos siglos (XVI, XVII y entrado el XVIII) la morfología es la reina de las ciencias de la vida. Esto significa que los morfólogos creen que en la morfología se encontrarán las claves que revelen el origen de la forma, de la relación entre desarrollo y filogenia, que será capaz de develar los secretos más profundos y trascendentales del mundo biológico y, en última instancia, de la vida misma. El mismo Darwin estudió profundamente la anatomía comparada de los balanos. En estos estudios, que le ocupan desde 1846 a 1854, Darwin ya usa un enfoque evolutivo para responder a las preguntas generadas por sus datos anatómicos (Love, 2002). Por otra parte, el concepto de homología, central a la teoría evolutiva, fue desarrollado con base en datos de la anatomía comparada de los vertebrados. Ya entrados en el siglo XX, importantes científicos continuarán con la tradición morfológica, en el contexto del evolucionismo darwinista. Las discusiones han cambiado, los «hot spots» son diferentes. De la representación lógica de la forma, de los arquetipos, se pasa a la preocupación por el progreso, o el mejoramiento de las formas biológicas, como puede verse en la obra de Victor Franz (1883-1950), anatomista alemán heredero de Goethe y Haeckel (Levit *et al.*, 2004). Entre estos anatomistas se encuentra Alexej Nikolajevich Sewertzoff (1866-1936), fundador de la escuela de biología evolutiva en su Rusia natal (Levit *et al.*, 2004). Investigador muy conocido entre los herpetólogos anatomistas, dado que su preocupación por el «progreso» en la morfología lo llevó a profundizar el estudio anatomo-fisiológico de muchos herpetozoos como las tortugas terrestres y acuáticas y su relación con la ecología, y también en temas de interés herpetológico como la evolución de las escamas desde peces a reptiles (Sewertzoff, 1949 en Levit *et al.*, 2004).

¿Y qué pasó que de ese éxito de la morfología en todos los campos científicos se generó un sueño que duraría décadas? En mi opinión, parte de la explicación se puede encontrar en la «Síntesis Moderna» evolucionista. A primera vista ésta no debería ser una explicación, después de todo entre los «arquitectos canónicos» de la síntesis moderna había anatomistas como George G. Simpson (1902-1984), o morfólogos como Gavin de Beer (1899-

1972) quien en 1940 publicaría su célebre «Embryos and ancestors». Durante este tiempo Willi Hennig (1913-1976), el inventor de la cladística, produjo importantes conocimientos acerca de la anatomía de los dípteros, mientras que Stephen Jay Gould (1941-2002) produciría muchas piezas fundacionales del Evo-Devo como por ejemplo «Ontogeny and Phylogeny» (1977). Sin embargo, son en realidad excepciones que confirman la vigencia de otro paradigma dominante. Uno de los textos más importantes del pensamiento evolutivo de principios de siglo XX nos da pistas acerca de por dónde pasaban la producción «mainstream» y las preocupaciones de los biólogos de entonces: «Genética y el origen de las especies» de Theodosius Dobzhansky (1900-1975). Este libro, aparecido en 1937, combina conceptos de genética, poblaciones e historia natural de los organismos. Posteriormente aparecen otros libros canónicos, «Population, Species and Evolution» (Mayr, 1963), Evolución (Dobzhansky *et al.*, 1979) entre muchos otros. Si bien en general se consideran aspectos de la anatomía comparada, los datos anatómicos están muy lejos del centro de la escena, que ha pasado a iluminar plenamente a la recién estrenada Genética, y sus aplicaciones en la genética de poblaciones de gran valor heurístico y empírico. Es importante comprender que el sueño de Bella no es total. Durante el apogeo del paradigma adaptacionista, claramente basado en la Genética y Ecología, hubo numerosos morfólogos produciendo conocimiento científico de la más alta calidad, como lo ya mencionados Simpson, de Beer, Hennig o Gould; lo que se ha perdido, de acuerdo a Cunningham (2003), es «This view of the identity and importance of old anatomy as the senior discipline and as the premier investigative, experimental discipline in the investigation of the phenomena of life...». Nuevas estrellas ocupan el firmamento del pensamiento biológico en todo su esplendor, la Genética y la Ecología. Con el ascenso de estas dos disciplinas en la Biología, Bella empieza a rodearse de una atmósfera adormecedora, hasta que en 1953, la publicación en sucesivos números de Nature de los trabajos que dilucidarían la estructura del ADN, pone a Bella en un sueño profundo que parecía el sueño de la muerte. Pocas veces en la historia un descubrimiento ha influenciado tanto ciencia y sociedad. La doble hélice es reproducida en todas las formas del arte visual y en la arquitectura, una imagen estética, icónica que deja de lado el hecho que el ADN es un ovillo de fibras enredadas en el interior del núcleo celular (Kotsias, 2003). Con la

«invención» (dirían los epistemólogos irrealistas) de la estructura del ADN nace una leyenda, se entronizan las técnicas moleculares, se desarrolla la Genética Molecular y Bella queda dormida y sin habla. No parece haber nada para descubrir en la anatomía, y el campo disciplinar que la cobija, la Morfología, no tiene nada nuevo o interesante para decir acerca de la Naturaleza. Esta situación persistiría más o menos inalterada por alrededor de 60 años. Es interesante tener en cuenta que durante las décadas del 70, 80 y a fines de los 90, todavía existían discusiones acerca del status científico de la Biología (Mayr, 1996).

A mediados de la década del 80, con el descubrimiento de los genes *hox*, la situación empieza a cambiar (Wake, 1982). Renace con mucha fuerza el interés por los procesos del desarrollo, que habían sido tan caros a la escuela morfológica de la *Naturphilosophie*. La Sistemática Biológica, provista de una poderosa herramienta metodológica, la Cladística, propugna el uso combinado de caracteres moleculares y morfológicos como la vía más rigurosa para obtener hipótesis bien sustentadas acerca de las relaciones filogenéticas de los seres vivos. Con el advenimiento de la Cladística, en cuyo contexto las formas fósiles son tan importantes como las de las formas vivientes como fuente de información morfológica para los análisis filogenéticos, el estudio de la anatomía de los fósiles –aunque no se abandonó jamás– adquiere un matiz de frescura, renovación y rigurosidad. La Biogeografía Histórica, luego de una larga lucha para afirmar su identidad, llega para quedarse y, en su contexto, la morfología retoma su dimensión de dato crucial y necesario. Desde la Ecología, hay una reformulación más rigurosa de la relación entre morfología y ambiente a través de la Ecomorfología. La Biología Molecular ha traído nuevamente a la atención de los científicos los procesos epigenéticos en la generación de los fenotipos (Bell y Spector, 2011; Rice *et al.*, 2012; Monteleone *et al.*, 2014 entre muchos otros), largamente descuidados durante el darwinismo por el acento puesto en los procesos genéticos. Bella está empezando a cansarse de su descanso y cálidas brisas soplan a su alrededor.

Pero ¿qué despierta a Bella de su largo sueño? Desde mi perspectiva, la corriente renovadora de la Morfología Comparada nace cuando el Evo-Devo termina de gestarse. Se conoce como Evo-Devo a un programa de investigación (Evolutionary Developmental Biology, también conocido como Biología Evolutiva del Desarrollo) que proporciona un marco teórico sintético para diversas disciplinas

de la Biología Evolutiva tradicional. En Evo Devo confluyeron la biología del desarrollo y los estudios evolutivos, cuyo matrimonio se realizó oficialmente en 1999, cuando los estudios de biología evolutiva y del desarrollo obtuvieron su propia división en la Society for Integrative and Comparative Biology (SICB) (Goodman, 2000). En el contexto Evo Devo, la embriología y los estudios del desarrollo de los seres vivos en general, son abordados con las herramientas metodológicas y tecnológicas más actuales. Según Gilbert (2003) la Biología Evolutiva del Desarrollo tiene su origen en la morfología de finales del siglo XIX. En el corazón de este programa se observa sin embargo, un retornar a las preguntas ya formuladas, que ponen de nuevo a la Morfología Comparada en el centro de la escena. ¿De dónde salen los planes corporales?, ¿Cómo surge a partir de secuencias génicas altamente conservadas una incontable variabilidad morfológica?, ¿Qué es una novedad morfológica y cómo se produce?, ¿Cómo se controla y cómo se altera el desarrollo de un organismo multicelular? ¿Cómo es la transcripción de un gen *hox* para la formación del cuerpo de un animal?. Prácticamente no hay línea de investigación en el contexto del Evo- Devo que no pueda remontarse a las directrices de la Morfología Comparada de los Naturphilosophen, no en un sentido general, dado que también podrían encontrarse en Aristóteles o antes, sino concretamente. Algunos historiadores de la ciencia han llegado a decir que ya la «evolutionary theory was Goethean morphology running on geological time» (en Levit *et al.*, 2014). Olsson *et al.* (2010) consideran a la Naturphilosophie como la prehistoria del Evo Devo. Así debemos a von Baer (1792-1876), quien estaba muy influenciado por la escuela de la filosofía natural, la demostración de la existencia de la blástula y de la notocorda, además de la fundación de la embriología como disciplina. Los estudios de las relaciones entre ontogenia y filogenia que tanta actualidad tienen pueden rastrearse en Haeckel; la diferenciación entre analogía, homología y los distintos tipos de homología a Owen. Victor Franz y Aleksey N. Sewertzoff fueron pioneros en los estudios acerca de las heterocronías, junto con Gavin de Beer (Olsson *et al.*, 2010). Las investigaciones sobre el origen del cráneo de los vertebrados, por ejemplo en Gans y Northcutt (1983), se pueden seguir hasta la teoría goetheana del origen vertebral del cráneo que fuera abordada también por Gegenbaur. Este anatomista lideró investigaciones sobre el desarrollo de la cabeza de los vertebrados incorporando

un contexto evolutivo en su trabajo tardío (Olsson *et al.*, 2010). Recientes hallazgos de Diogo *et al.* (2015) retoman el trabajo de Gans y Northcutt (1983) y lo resignifican desde la nueva perspectiva de la relación entre origen de los músculos cefálicos y el corazón con cámaras.

De la mano del Evo Devo, Bella ha despertado. Es importante destacar que su sueño no fue simplemente permanecer en un estado suspendido. Creo que hasta Bella llegaban los ecos de las infinitas actividades que se sucedían a su alrededor, preparándola para su amable despertar, para el reencuentro con el centro de la escena. El ocaso de la morfología, el sueño de Bella, es una forma de resistencia como alternativa a la resignación y su despertar se produce cuando los científicos de fines del segundo milenio comprenden que todavía hay mucho por descubrir estudiando la forma de los seres vivos. De alguna manera podría pensarse que la morfometría geométrica es un método redivivo para la búsqueda del arquetipo porque es una investigación básicamente formal o ideal. Por supuesto, hay filogenia, función, ambiente por detrás de las lecturas de los resultados del método con su variedad de técnicas, pero bien podría no haberlo. Si hiciéramos el ejercicio intelectual de despojar a la forma de la biología, de leer los resultados de la aplicación de la morfometría geométrica sólo como variaciones de formas lógicas de entes geométricos, estaríamos ante una nueva faceta de la morfología trascendental. Pensemos que Kendall, el estadístico británico, propone una definición de la forma como «toda la información geométrica que resulta de retirar los efectos de la posición, escala y rotación de un objeto» (Kendall, 1977 en Toro Ibacache *et al.*, 2010). Esta idea general fundamentó en sus orígenes a la morfometría geométrica: analizar la forma independientemente de aquellos componentes que no definen la geometría intrínseca del objeto (Toro Ibacache *et al.*, 2010). Estos múltiples intentos de cuantificación de la forma, intrínseca o en relación al ambiente o función, elevaron los programas de investigación que los adoptaron a otro nivel epistemológico, al generar metodologías como la morfometría geométrica o la ecomorfología, que logran la matematización de estos aspectos de la morfología.

Lo que los cuentos no suelen contar es lo que pasa después. ¿Qué futuro le espera a Bella, la Morfología Comparada?. En lo inmediato parece gozar una perspectiva promisoriosa: los estudios morfológicos en el Evo Devo se ven complementados y enrique-

cidos por la dimensión ecológica a través del muy recientemente inaugurado programa de Eco Evo Devo, que estudia el efecto del ambiente en la generación de los fenotipos durante el desarrollo de un organismo y su relación con la historia evolutiva de las especies (Abouheif *et al.*, 2014). En el desarrollo, la alteración de la forma de los organismos por los procesos heterocronicos están siendo investigados intensamente (Fabrezi *et al.*, 2014) y, también en el marco de los estudios de la ontogenia, está tomando mucho impulso una fascinante línea de investigación, la embriología funcional, que también puede rastrearse a la mecánica del desarrollo de His (1831-1904), ligado a la escuela goethiana por su ferviente oposición (Olsson *et al.*, 2010). Aparentemente, estos temas mantendrán ocupados a los científicos por algunos años, asegurándole a nuestra Bella una larga vida activa, participativa y creativa.

¿No es algo que desearía cualquiera de nosotros?

Antes de cerrar este punto de vista, quisiera hacer una breve digresión acerca de mi elección de su título. Como probablemente ustedes sepan ya, los mal llamados «cuentos infantiles» son considerados transmisores de arquetipos. Los arquetipos en este contexto, son “formas o imágenes colectivas que se dan en toda la tierra como elementos constitutivos de los mitos y, al mismo tiempo, como productos autóctonos e individuales de origen inconsciente”. Los cuentos de hadas forman arquetipos en los niños, que se quedan en el inconsciente y después se manifiestan con el paso del tiempo (Arias *et al.*, 2013). El cuento de la bella durmiente es uno de los cuentos con más revisiones de todos los conocidos (Fernández Rodríguez, 1998) y también muy criticado desde una postura feminista. En el cuento tradicional en todas sus formas, el papel de la mujer es pasivo, sus más preciados atributos son la belleza, la paciencia y la quietud, podría agregar el silencio. No hay heroínas rebeldes o independientes en los cuentos tradicionales, son más bien arquetipos útiles para preservar la imagen de la mujer que perpetuará el patriarcado (ver por ejemplo Simon de Beauvoir, 1987). Quiero plantear que muy otra es la imagen que quiero dejar de Bella, la morfología aquí. Si bien ha permanecido pasiva durante los años «duros» del paradigma genetista (por llamarlo de algún modo), su sueño es una forma de resistencia y despierta para ser la dueña de su destino. He preferido por lo tanto obviar al príncipe y proponer que Bella despierta cuando se da cuenta de que puede volver a ser una

voz de su tiempo, por lo que su letargo silencioso debe concluir.

### Agradecimientos

Este trabajo fue escrito como ponencia para el Simposio sobre Morfología Funcional, durante el Congreso Colombiano de Zoología, Cartagena de Indias, 2014. Agradezco profundamente al Dr. Julio Mario Hoyos de la Universidad Javeriana de Colombia, y a la Dra. Adriana Jerez Martínez de la Universidad Nacional de Colombia, la oportunidad que me brindaron para compartir estas reflexiones con los asistentes a dicho simposio. Marissa Fabrezi y un revisor anónimo dieron excelentes sugerencias que mejoraron mucho este artículo. Esteban Abdala diseñó la línea de tiempo que se incluye. Este trabajo fue financiado mediante el PIP CONICET 0284 a nombre de Virginia Abdala.

### Literatura citada

- Abouheif, E.; Favé, M.J.; Ibarrarán-Viniegra, A.S.; Lesoway, M.P.; Rafiqi, A.M. & Rakajumar, R. 2014. Eco-evo-devo: the time has come. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 781: 107-25.
- Arias, S.; Castañón, A.C.; Quezada, I. & Sosa, S. 2013. La formación de arquetipos en la psique a través de los cuentos de hadas. *Actas XX Congreso de Investigación. ACMOR, México.*
- Armstrong, A.H. 2008. *The Cambridge History of Later Greek and Early Medieval Philosophy.* Cambridge Histories Online. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bell, J.T. & Spector, T.D. 2011. A twin approach to unraveling epigenetics. *Trends in Genetics* 27: 116-125.
- Bochetti, C. 2008. Anatomía en Grecia y Roma. *Byzantion Nea Hellás* 27: 1-22.
- Beauvoir, S. 1998. *El segundo sexo.* Cátedra, Madrid.
- Cunningham, A. 2003. The pen and the sword: recovering the disciplinary identity of physiology and anatomy before 1800 II: Old anatomy—the sword. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 34: 51-76.
- Diogo, R.; Kelly, R.G.; Christiaen, L.; Levine, M.; Ziermann, J.M.; Molnar, J.L.; Noden, D.M. & Tzahor, E. 2015. The cardiopharyngeal field and vertebrate evolution: A new heart for a new head. *Nature* 520: 466-473.
- Dobzhansky, T.; Ayala, F.J.; Stebbins, G.L. & Valentine, J.W. 1979. *Evolution.* W.H. Freeman, San Francisco
- Fabrezi, M.; Quinzio, S.; Cruz, J.; Goldberg, J. & Chilavert, M. 2014. ¿Qué es lo nuevo en evolución biológica? *Cuadernos de Herpetología* 28: 119-136.
- Fernandez Rodríguez, C. 1998. *La Bella Durmiente a través de la historia.* Universidad de Oviedo,
- Foucault, M. 1969. *La arqueología del saber. Siglo XXI, México.*
- Gans, C. & Northcutt, R.G. 1983. Neural crest and the origin of the vertebrates: a new head. *Science* 220: 268-274.
- Gilbert, S. 2003. The morphogenesis of evolutionary developmental biology. *International Journal of Developmental Biology* 47:

- 467-477.
- Goodman, C.S. 2000. The evolution of evo devo biology. *Proceedings of National Academy of Sciences USA* 97: 4424-4425.
- Koestler, A. 1981. Los sonámbulos. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Kotsias, B. 2003. El jubileo del descubrimiento de la doble hélice. *Medicina (Buenos Aires)* 63: 447-449.
- Levit, G.S.; Hossfeld, U. & Olsson, L. 2004. The integration of Darwinism and evolutionary morphology: Alexej Nikolajevich Sewertzoff (1866–1936), and the developmental basis of evolutionary change. *Journal of Experimental Zoology* 302: 343-354.
- Levit, G.S.; Hossfeld, U. & Olsson, L. 2014. The darwinian revolution in Germany: from evolutionary morphology to the modern synthesis. *Endeavour* 38: 268-279.
- López Piñero, J. 1992. La anatomía comparada antes y después del darwinismo. Ediciones Akal, Madrid.
- Loukas, M.; Lanteri, A.; Ferraiuola, J.; Shane Tubbs, R.; Maharaja, G.; Mohajel Shoja, M.; Yadav, A. & Rao, V.C. 2010. Anatomy in ancient India: a focus on the Susruta Samhita. *Journal of Anatomy* 217: 646-650.
- Love, A.C. 2002. Darwin and Cirripedia prior to 1846: Exploring the origins of the barnacle research. *Journal of the History of Biology* 35: 251-289.
- Mayr, E. 1963. Population, species and evolution. The Belknap Press of Harvard University. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Mayr, E. 1996. The autonomy of Biology: the position of Biology among the sciences. *Quarterly Review of Biology* 71: 97-106.
- Mitchell, P.D.; Boston, C.; Chamberlain, A.T.; Chaplin, S.; Chauhan, V.; Evans, J.; Fowler, L.; Powers, N.; Walker, D.; Webb, H. & Witkin, A. 2011. The study of anatomy in England from 1700 to the early 20th century. *Journal of Anatomy* 219: 91-99.
- Monteleone, M.C.; Adrover, E.; Pallarés, M.E.; Antonelli, M.C.; Frasc, A.C. & Brocco, M.A. 2014. Prenatal stress changes the glycoprotein GPM6A gene expression and induces epigenetic changes in rat offspring brain. *Epigenetics* 9: 152-160.
- Olsson, L.; Levit, G.S. & Hossfeld, U. 2010. Evolutionary developmental biology: its concepts and history with a focus on Russian and German contributions. *Naturwissenschaften* 97: 951-969.
- Ortega, F. 2010. El cuerpo incierto. Corporeidad, tecnologías médicas y cultura contemporánea. Editorial CSIC.
- Rice, W.R.; Friberg, U. & Gavrillets, S. 2012. Homosexuality as a consequence of epigenetically canalized sexual development. *The Quarterly Review of Biology* 87: 343-368.
- Russell, E.S. 1916. Form and Function. A contribution to the history of animal morphology. John Murray, London.
- Sanchez Garnica, D.E. 2005. La biología romántica de los Naturphilosophen, pp. 151-181, *En: González Recio, J.L. (ed.) El Taller de las Ideas: diez lecciones de Historia de la Ciencia.* Ed. Plaza y Valdez.
- Toro Ibacache, M.V.; Manriquez, S.G. & Suazo, G.I. 2010. Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology* 28: 977-990.
- Wake, D. 1982. Functional and evolutionary morphology. *Perspectives on Biology and Medicine* 25: 603-620.



## Políticas científicas, optimalidad y sistemas complejos

Ricardo Montero

Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo – Universidad Nacional de Tucumán; Unidad Ejecutora Lillo (UEL – CONICET); Instituto de Herpetología – Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.

Recibida: 17 Abril 2015

Revisada: 26 Mayo 2015

Aceptada: 29 Mayo 2015

Editor Asociado: M. Vaira

### RESUMEN

Considerando que el sistema científico es un sistema complejo que debe adaptarse a los cambios del conocimiento, doy mi parecer sobre la necesidad de establecer políticas que favorezcan esta evolución. Haciendo analogías con otros sistemas complejos, considero que es importante mantener la diversidad y redundancia del sistema. Creo que una forma de conseguir esta meta es mantener y promover grupos y proyectos que usualmente no son considerados de excelencia en el momento de su evaluación.

Palabras clave: Ciencia; Evaluación; Políticas científicas.

### ABSTRACT

**Science policies, optimality and complex systems.** Whereas scientific system is a complex system that must adapt to changes in knowledge, I give my opinion on the need for policies to encourage this development. Doing analogies with other complex systems, I consider important to maintain the diversity and redundancy of the system. I believe that a way of achieving this goal is to maintain and promote groups and projects that are not usually considered excellent at the time of evaluation.

Key words: Science; Evaluation; Science policies.

Actualmente hay mucha discusión sobre la manera de medir la excelencia en la ciencia (cualesquiera sea su definición<sup>1</sup>), pero nadie discute que debería ser el parámetro aceptado en general como el criterio de optimalidad para la evaluación científica. Pero la aplicación de este concepto a sistemas complejos puede llegar a ser distinta que su aplicación a sistemas simples o casos individuales.

No vamos a tratar aquí el caso de los que no llegan al mínimo exigido para ser viables; solo trataremos aquellos que sí cumplen con esos requisitos mínimos, pero distinguiendo entre “óptimos” (los de mayor excelencia) y “subóptimos” (proyectos viables pero de menor alcance, de menor excelencia, o de menor impacto, como temas en desarrollo, grupos en formación, etc.).

<sup>1</sup> No hay consenso sobre el significado de excelencia en investigación y si esto difiere de la calidad (Mendez, 2012). Algunos estiman que el impacto es una medida de la calidad (Yule, 2010; Boaz, 2003) mientras que otros alegan que la calidad y el impacto son dos elementos diferentes que caracterizan la excelencia en investigación (Grant *et al.*, 2010; Sekercioglu, 2013; Casadevall y Fang, 2014).

La aplicación del criterio de maximizar la excelencia en casos puntuales en general no está discutida. En un concurso docente o de investigación, en la selección de un becario, en la adjudicación de un premio, el criterio de excelencia es el que debe primar. Queremos que en esos casos gane el mejor. De esa manera, en el caso individual, se optimizan los recursos. Pero cuando se trata de sistemas complejos (como por ejemplo el sistema científico y tecnológico a nivel nacional o provincial, o las políticas de investigación de las universidades) otros factores intervienen. En sistemas en donde interactúan numerosos componentes y variados factores, la mayoría desconocidos o por lo menos no acotados, la teoría del caos (con su implícita aplicación del principio de incertidumbre) debe tenerse en cuenta. Hay que evaluar con criterios estadísticos, probabilísticos, y no solo puntuales.

Voy a hacer una analogía con otros sistemas complejos para sostener la hipótesis que el criterio de solamente optimizar la excelencia no es el adecuado a largo plazo.

Cuando un individuo va a hacer una inversión modesta de dinero se fija en el negocio más rentable

en el momento. Pero cuando se realizará una inversión importante y a largo plazo las opciones cambian. Las políticas de libre mercado, que a corto plazo pueden llevar al mejoramiento temporario de servicios y la optimización de recursos, a largo plazo lleva al monopolio y a la extinción de servicios alternativos (v. g. nuestra dependencia de los hidrocarburos). En el sistema bursátil, la diversidad de inversiones es lo único que asegura que a largo plazo se obtendrá rentabilidad (por ejemplo los fondos de inversión). Se debe invertir parte del capital (y posiblemente una parte substancial) en títulos o inversiones menos rentables para estar prevenidos de la posible caída de los más rentables, pero más riesgosas. En otras palabras no hay que poner todos los huevos en la misma canasta, hay que diversificar las inversiones. También hay que invertir en distintos mercados (tener inversiones redundantes, para evitar caídas locales). Las grandes compañías o grupos empresarios aplican esta diversificación y redundancia de inversiones (las grandes compañías, bancos, fondos comunes de inversión, etc.).

La principal analogía que quiero llevar a consideración es con los sistemas biológicos. En todo sistema biológico (ya sea a nivel fisiológico, anatómico como en las comunidades y ecosistemas) la continuidad a largo plazo se ve garantizada por las mismas características: redundancia y diversidad (Futuyma, 1998). Todos los sistemas evolutivos (que se adaptan en el tiempo a condiciones cambiantes) tienen un grado de redundancia que asegura que la falla de un componente no hace caer todo el sistema (concepto también utilizado en seguridad). La otra característica, la diversidad (=variabilidad), es la que permite flexibilidad ante el cambio de condiciones.

En los sistemas complejos competitivos, si no están restringidos, los agentes intervinientes tratan de maximizar su supervivencia, y por lo tanto la distribución de frecuencias de sus atributos tiende naturalmente hacia distribuciones lognormales (ver Halloy y Whigham, 2004 y citas ahí). Para salir de este patrón lognormal natural (termodinámico) se requiere energía adicional, aplicada en las colas de las distribuciones (Halloy y Whigham, 2004). En la analogía con el sistema científico, en los cuales los grupos de investigación son componentes principales, la distribución de los recursos tiende a concentrarse (de manera lognormal) alrededor de los grupos atractores. Esta es la evolución natural del sistema complejo si no hay fuerzas internas (e.g. políticas científicas explícitas) que hagan cambiar

estas tendencias. Por lo tanto, ante la ausencia de políticas científicas que cambien las tendencias naturales, los grupos más “exitosos” tienden a acaparar los recursos existentes. Si se pretende tener un sistema científico diverso, entonces es función del Estado aplicar políticas que cambien esta evolución natural. La política que se propone aquí es no solo tolerar, sino incentivar, a grupos subóptimos dentro del sistema, que son los que se ubican en las colas de las distribuciones lognormales naturales.

Los sistemas biológicos exitosos a largo plazo no evolucionan para lo óptimo sino para la suficiencia (Gans, 1993). Si una característica es suficiente para pasar la prueba de la selección natural, esta se fija. Por lo tanto, en evolución, el criterio de optimalidad (supervivencia) en este caso no es la excelencia sino la suficiencia. Este parámetro permite la supervivencia de los suficientes (inclusive subóptimos) y asegura la redundancia y la diversidad. Estas características permiten que aparezcan las “preadaptaciones” o exaptaciones que, dentro de ciertos límites, permite la evolución cuando hay cambios en las presiones del medio ambiente que seleccionan a los supervivientes.

En el sistema científico podemos encontrar análogos a estos conceptos. (Selección natural = Sistema científico, especies=proyectos, grupos, investigadores).

En el caso de la cladística tenemos otro ejemplo (más matemático que biológico) en la búsqueda heurística de árboles filogenéticos óptimos. Este tipo de búsqueda es similar a la investigación científica en el hecho de que parte de comienzos inciertos, y que en cierta medida son aleatorios, y se trata de optimizar de acuerdo a algún criterio para llegar a la solución más parsimoniosa. Si se aplica un algoritmo voraz<sup>2</sup> (*Greedy algorithms*, en el sentido de Brassard y Bratley, 1997), se puede llegar a “islas” u óptimos locales de los cuales no se puede salir; es decir callejones sin salida que no nos hacen llegar al mejor óptimo global. De la misma manera, si en ciencia solo se apoya a los grupos excelentes podemos caer (y me atrevería a decir que seguramente caeremos) en “islas” sin salida. No se pueden crear nuevos grupos exitosos sino solo continuar los pre-existentes. La cladística tiene un método para salir de este círculo vicioso. Realiza múltiples búsquedas a

---

<sup>2</sup> Algoritmo que en un problema secuencial elige únicamente la opción óptima en cada paso local con la esperanza de llegar a una solución general óptima.

partir de distintos puntos de partida (árboles) tanto óptimos como subóptimos (Giribet, 2007; Goloboff *et al.*, 2008). Es necesario guardar en el sistema de búsqueda a los subóptimos para salir de las posibles islas y alcanzar al óptimo global.

Por lo tanto el sistema científico no solo debe soportar la existencia de subóptimos, sino que debe promoverlos y ampliarlos. Esta será la única manera de que el sistema sea diverso y pueda adaptarse a posibles cambios en los criterios de selección. Por ejemplo, en la actualidad está en gran auge la investigación en biotecnología, pero en un futuro no muy lejano, es posible que la cresta de la ola pase por la conservación y el aprovechamiento de los bancos de genes naturales (u otros campos que no imaginamos). No olvidemos que este tipo de cambio en ciencia no requiere de mucho tiempo (puede llevarse a cabo en menos de una década). Si nuestro sistema científico es diverso, habrá conservado los grupos que investigaban a un nivel subóptimo en estas ramas, y por lo tanto será capaz de mejorarlos. Es decir, el sistema necesita ser capaz de responder flexiblemente a un mundo con requerimientos en constante cambio. El estancamiento en sólo pocas líneas de investigación (aunque estas seas “excelentes”) lleva al anquilosamiento y la extinción a largo plazo. Por lo tanto la política de priorizar únicamente la “excelencia” es perversa al largo plazo.

La idea de “optimizar los recursos” solamente, en los sistemas complejos a largo plazo no funciona. Se ha indicado que las estrategias que priorizan diversidad más que “excelencia” son más productivas: grandes subsidios a grupos exitosos no se reflejan tanto en los parámetros productivos, como dar menores recursos a mayor número de grupos (Fortin y Currie, 2013).

Es función de la actividad privada hacerse cargo de las inversiones a corto plazo, y creo que es función del Estado (o de algo similarmente grande y de continuidad en el tiempo: Universidades, Fundaciones, empresas de gran envergadura, etc.) hacerse cargo de inversiones a largo plazo. La investigación científica es una inversión a largo plazo. La complejidad del sistema y el prolongado período de tiempo que necesita para hacerse rentable (no solo económica sino socialmente) hacen que deban promoverse las características de los sistemas arriba enunciados: redundancia y variabilidad. Es función del Estado mantener no solo los grupos, proyectos, investigadores “excelentes”, sino también a los subóptimos.

Recordemos que los sistemas complejos, evolu-

cionando en el tiempo, no seleccionan la excelencia sino la suficiencia.

### Agradecimientos

He recibido comentarios de varios amigos, con los que no siempre coincido, pero que siempre han enriquecido mi parecer. Particularmente agradezco a Eduardo Domínguez, Marissa Fabrezi, Monique Halloy, Stephan Halloy, Ezequiel Aráoz, y Marcos Vaira. Este trabajo ha sido financiado con subsidios PIUNT (G519) y PIP-CONICET (N° 112 20110 0875).

### Literatura citada

- Boaz, A. & Ashby, D. 2003. Fit for purpose? Assessing research quality for evidence based policy and practice. Disponible en: ESRC UK Centre for Evidence Based Policy and Practice: Working Paper 11: <<http://www.kcl.ac.uk/content/1/c6/03/46/04/wp11.pdf>> Acceso el 14 de abril de 2015.
- Bossomaier, T.R. & Green, D.G. 1998. Patterns in the Sand - Computers, Complexity and Life. Allen & Unwin, St Leonards, NSW, Australia.
- Brassard, G. & Bratley, P. 1997. Algoritmos Voraces. Fundamentos de Algoritmia. Prentice Hall, Madrid.
- Casadevall, A. & Fang, F.C. 2014. Causes for the persistence of impact factor mania. *mBio* 5: e00064-14. doi:10.1128/mBio.00064-14.
- Casti, J.L. 1994. Complexification. Abacus, London.
- Fortin, J-M. & Currie, D.J. 2013. Big Science vs. Little Science: How scientific impact scales with funding. *PLoS ONE*, 8: e65263. doi:10.1371/journal.pone.0065263
- Futuyma, D.J. 1998. Evolutionary Biology. 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Gans, C. 1993. On the merits of adequacy. *American Journal of Science* 293: 391-406.
- Giribet, G. 2007. Efficient tree searches with available algorithms. *Evolutionary Bioinformatics* 3: 341-356.
- Goloboff, P.; Farris, J. & Nixon, K. 2008. TNT: a free program for phylogenetic analysis. *Cladistics* 24: 774-786.
- Gómez, R.R.; Navas, G.S.; Cuadros, P. & Ganyitano, G.B. 2009. Análisis computacional de modelos biológicos para su aplicación a modelos económicos. *Formación Universitaria* 2: 13-22.
- Grant, J.; Brutscher, P.-C.; Kirk, S.E.; Butler, L. & Wooding, S. 2010. Capturing Research Impacts: A Review of International Practice. Rand Europe, Cambridge, Reino Unido.
- Halloy, S.R.P. & Whigham, P.A. 2004. The lognormal as universal descriptor of unconstrained complex systems: a unifying theory for complexity: 309-320. *En: Proceedings of the 7th Asia-Pacific Complex Systems Conference*. Cairns Convention Centre, Cairns, Qld, Australia,
- Kauffman, S.A. 1993. The Origins of Order, Oxford University Press, New York.
- Kauffman, S.A. 2000. Investigations. Oxford University Press, Oxford.
- Méndez, E. 2012. Evaluating Research Excellence: Main Debates.

## R. Montero — Política científica y optimalidad

International Development Research Centre, Ottawa.  
Disponible en: <<http://www.idrc.ca/EN/Documents/Brief-Final-English.pdf>> Último acceso 14 abril 2015.

Sekercioglu, C.H. 2013. Citation opportunity cost of the high impact factor obsession. *Current Biology* 23: R701–R702.

© 2015 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

## **Ampliación del área de distribución de *Liolaemus carlosgarini* (Esquerré, Núñez & Scolaro, 2013) en la Reserva Nacional Altos de Lircay (Chile)**

**Gustavo A. Escobar-Huerta, Gabriel A. Ormazábal, Romina I. Carvajal, Juan C. Ortiz**

Departamento de Zoología, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

*Localidad* — República de Chile, VII Región del Maule, Provincia de Talca, Reserva Nacional Altos de Lircay, sendero Laguna del Alto (35°36'4,12"S; 71°00'19,01"O. WGS84. 2023 m s.n.m.). Los ejemplares se recolectaron el 30 de enero de 2014. Fueron colectados por Gabriel Ormazábal, Gustavo Escobar Huerta, Juan Carlos Ortiz y Romina Carvajal. El material fue verificado por Pedro Victoriano y depositado en la colección herpetológica del Museo de Zoología de la Universidad de Concepción, Chile (MZUC). Se capturaron dos ejemplares, una hembra adulta (MZUC 41205) y una hembra juvenil (MZUC 41206).

*Comentarios* — *Liolaemus carlosgarini* es una especie de cuerpo delgado, con extremidades moderadamente robustas, tamaño mediano, con una longitud hocico-cloaca promedio de 60,7 mm y un máximo de 68,8 mm (Fig. 1). Su cola es 1,5 veces más larga que el cuerpo. Posee entre 86 y 101 escamas alrededor de la mitad del cuerpo. Su color de fondo es ocre, con una franja occipital oscura. Las franjas parietales son del color de fondo, mientras que las franjas laterales son del color de la franja occipital. El análisis filogenético sustentado en morfología externa posiciona a esta especie dentro del complejo *elongatus-kriegi*, diferenciándola de casi todas las especies de este grupo por la extrema reducción en los poros precloacales (Esquerré *et al.*, 2013). Tanto los



**Figura 1.** *Liolaemus carlosgarini*. Hembra juvenil (MZUC 41206) y hembra adulta (MZUC 41205).

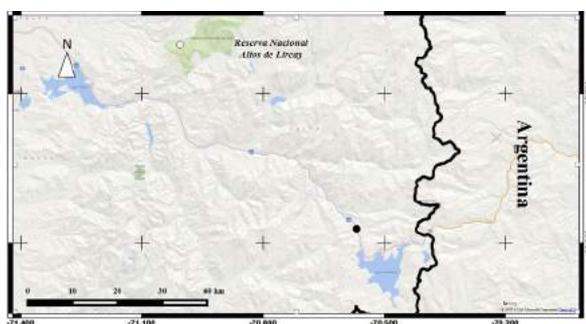
caracteres de diseño como de coloración concuerdan con los descritos para *Liolaemus carlosgarini*. Sumado a esto, el número de escamas alrededor del medio del cuerpo así como los valores morfométricos se aproximan a los descritos en la localidad tipo de esta especie (Tabla 1).

Los datos de distribución conocidos para *Liolaemus carlosgarini* corresponden a los aportados en su descripción original (Esquerré *et al.*, 2013): Ruta Internacional 115 (cercano a la Laguna del Maule, Región del Maule, Chile), a los 1915 m s.n.m. La serie tipo completa (Museo de Historia Natural de Chile 4561-4568) fue recolectada en la siguiente

**Tabla 1.** Promedio de los caracteres morfométricos y merísticos de *L. carlosgarini* provenientes de la localidad tipo (cercanías de la Laguna del Maule) y la Reserva Nacional Altos de Lircay. LHC = longitud hocico-cloaca; LAI = longitud axila-ingle; LEA = longitud de la extremidad anterior; LEP = longitud de la extremidad posterior; LC = longitud de la cola; EMC = escamas al medio del cuerpo; LCA = longitud de la cabeza; ANC = ancho de la cabeza; ALC = alto de la cabeza.

<i>L. carlosgarini</i>	LHC	LAI	LEA	LEP	LC	EMC	LCA	ANC	ALC
<b>Laguna del Maule (n = 8)</b>	60,7 (53,4 – 68,8)	26,6 (22,6 – 29,6)	23,3 (21,7 – 25,1)	36,8 (32,5 – 40,6)	100,0 (85,0 – 113,0)	92 (86 – 95)	13,7 (12,3 – 15,5)	10,7 (9,9 – 12,3)	7,8 (6,5 – 9,9)
<b>Altos de Lircay (n = 2)</b>	65,8 (56,4 – 75,3)	30,7 (26,5 – 34,9)	24,8 (22,3 – 27,3)	41,5 (35,6 – 47,5)	85,7 (79,7 – 91,7)	93 (89 – 98)	14,7 (13,0 – 16,4)	12,2 (10,6 – 13,9)	8,9 (7,7 – 10,1)

coordenada (35°58'16,04"S; 70°34'7,31"O. WGS84). En el presente trabajo extendemos el área de distribución noroeste de esta especie en 57 km (Fig. 2). Este nuevo registro, en la distribución geográfica de esta especie, es relevante ya que se encuentra dentro de un área protegida por el estado. Su hábitat se caracteriza por la presencia de vegetación rala y abundantes rocas basálticas, donde busca refugio. Esto es coincidente con el hábitat de la localidad tipo donde fue descrita originalmente esta especie y su naturaleza saxícola reportada por Esquerré *et al.* (2013).



**Figura 2.** Distribución geográfica de *Liolaemus carlogarini*. Círculo negro: registro de Esquerré *et al.* (2013). Círculo blanco: nuevo registro.

### Agradecimientos

Agradecemos al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile por su autorización de captura de reptiles con fines científicos (Resolución exenta N°: 1053/2014).

### Literatura citada

Esquerré, D.; Núñez, H. & Scolaro, J.A. 2013. *Liolaemus carlogarini* and *Liolaemus rioldamas* (Squamata: Liolaemidae), two new species of lizards lacking preloacal pores, from Andean areas of central Chile. *Zootaxa* 3619: 428-452.

Recibida: 24 Enero 2015  
Revisada: 16 Marzo 2015  
Aceptada: 21 Abril 2015  
Editor Asociado: A. S. Quinteros

© 2015 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

## Ampliación del rango de distribución de *Atractus depressiocellus* Myers, 2003 (Serpentes: Dipsadidae) para Colombia

Jonard David Echavarría-Rentería, Vanessa Mosquera-Moya, Jhon Tailor Rengifo-Mosquera

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Herpetología, Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Chocó, Colombia.

**Localidad** — Colombia, departamento del Chocó, municipio de Unión Panamericana, localidad de Salero (5°18'22.87"N; 76°38'45.35"W, 100 m s.n.m.) (Fig. 1), 24/11/2005, Col. Rengifo-Mosquera JT. Fue depositado en la Colección Científica de Referencia Zoológica del Chocó-Herpetología, de la Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba", bajo el acrónimo y número UTCH-COLZOOCH-H 1253.

**Comentarios** — El género *Atractus* (Wagler, 1828) es uno de los menos conocidos de la herpetofauna neotropical (Cisneros-Heredia, 2005), incluyendo serpientes que miden desde 100 mm a más de un metro de longitud (Passos *et al.*, 2010a,b) y tienen hábitos crípticos comúnmente semifosoriales (Cunha y Nascimento, 1993; Martins y Oliveira, 1993; Cisneros-Heredia, 2005; Balestrin *et al.*, 2007; Passos *et al.*, 2007). Actualmente este género es el más diverso de serpientes con 140 especies descritas (Passos *et al.*, 2013) que se distribuyen en Centroamérica y América del Sur, desde el centro de Panamá hasta el norte de Argentina, ocupando casi todos los bio-

mas de América del Sur (Giraudo y Scrocchi 2000; Myers, 2003; Passos *et al.*, 2005; Kok, 2006; Prudente y Passos 2008; Passos *et al.*, 2009, 2010a,b). Para Colombia se han registrado entre 63 especies (Uetz y Hošek, 2015) y para el departamento del Chocó se han reportado ocho especies (Rentería-Moreno y Rengifo-Mosquera, 2011).

*Atractus depressiocellus* era conocida por un ejemplar de la región de Cerro Azul (Cerro Jefe), Provincia de Panamá, en la cima del Piedras-Pacora (9°14'N, 79°23'W) (Myers, 2003). El presente registro es el segundo ejemplar conocido para la especie y amplía su distribución por más de 500 km, hacia el sur en la selva pluvial tropical central del departamento del Chocó en Colombia. Esta región presentan características ambientales similares al primer registro en Panamá, conteniendo Bosque Pluvial Tropical (bp-T) (Holdridge, 1996), con una precipitación promedio anual cercana a 10.000 mm, temperatura entre 26°C–30°C y humedad relativa de 90% (Rangel y Lowy, 1993; Eslava, 1994; García *et al.*, 2003). Actualmente esta área se encuentra dominada por un bosque secundario, originado por la extracción de minerales y de madera.

El ejemplar UTCH: COLZOOCH-H 1253 es una hembra adulta que posee los principales caracteres de coloración y morfología indicados por Myers (2003), incluyendo (Fig. 2): ojo deprimido muy pequeño, las internasales muy pequeñas, 17-17-17 hileras dorsales lisas, placa anal entera, 160 ventrales (167 reportado por Myers 2003), 30 subcaudales divididas (igual al holotipo), 7 supralabiales, 6 infralabiales en cada lado (7 reportadas por Myers 2003), 1+2 temporales, loreal larga que contacta con el ojo, sin preocular, dos postoculares. El ejemplar presenta una longitud hocico-cloaca de 242 mm, una longitud de cola de 34 mm, un ancho cefálico de 6 mm, un largo cefálico de 12 mm y una altura cefálica de 4 mm. Presenta una coloración café claro en la cabeza y el cuerpo un amarillento marrón, en la parte posterior del cuerpo y en la cola



**Figura 1.** Distribución geográfica de *Atractus depressiocellus*. Círculo blanco: Reporte de Literatura (Myers, 2003). Estrella corresponde al nuevo registro hecho en el presente trabajo. En el vértice inferior derecho se muestra Colombia y la nueva localidad de distribución de la especie en el país.



**Figura 2.** Ejemplar de *Atractus depressiocellus* (UTCH-COLZOOCH-H 1253) de Salero, Chocó, Colombia. Vista general dorsal (A) y ventral (B). Detalle de la cabeza en vista dorsal (C), ventral (D) y lateral (E).

un marrón grisáceo, y muchas manchas irregulares dorsales de color negro. La parte inferior de la cabeza y garganta es de color marrón pálido, escasamente e irregularmente marcado con negro. Los extremos de las placas ventrales son de color marrón como el dorso, el vientre es en gran parte oscuro debido a amplias manchas oscuras que ocupan la mayor parte de las placas ventrales, anal y las subcaudales, excepto en la región del cuello, donde estas marcas son más pequeñas y menos regulares. Esta coloración coincide en líneas generales con la presentada por Myers (2003).

### Agradecimientos

Los autores agradecen la excelente colaboración a Fernando Castro de la Universidad del Valle, por la orientación científica, a Teddy Angarita Sierra de la Fundación de Investigación Biodiversidad y Conservación (YOLUKA), por su ayuda en la determinación taxonómica y la dotación del material bi-

bliográfico. Además agradecemos muy cordialmente a la comunidad de Salero por su hospitalidad en todos estos años de visita y al Grupo de Investigación en Herpetología de la Universidad Tecnológica del Chocó, por su apoyo moral.

### Literatura citada

- Balestrin, R.L.; Di-Bernardo, M. & Moreno, A. 2007. Feeding ecology of the Neotropical worm snake *Atractus reticulatus* in southern Brazil. *Herpetological Journal* 17: 62-64.
- Cisneros-Heredia, D.F. 2005. Report of molluscivory in *Atractus carrioni* Parker, 1930. *Herpetozoa* 18: 185-186.
- Cunha, O.R. & Nascimento, F.P. 1993. Ofidios da Amazônia. As cobras da região leste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 9: 1-191.
- Eslava, J.A. 1994. Climatología del pacífico colombiano. Colección Eratóstenes N° 1. Academia Colombiana de Ciencias Geofísicas. Bogotá.
- García, F.; Ramos, Y.; Palacios, J.; Arroyo, J.E.; Mena, A. & González, M. 2003. Salero: Diversidad Biológica de un Bosque Pluvial Tropical (bp-T). Editorial Guadalupe Ltda. Bogotá.

- Giraudó, A.R. & Scrocchi, G.J. 2000. The genus *Atractus* (Serpentes: Colubridae) in Northeastern Argentina. *Herpetological Journal* 10: 81-90.
- Holdridge, L.P. 1996. Ecología Basada en las Zonas de Vida. Instituto Interamericano para la Agricultura. San José de Costa Rica.
- Kok, P.J.R. 2006. A new snake of the genus *Atractus* Wagler, 1828 (Reptilia: Squamata: Colubridae) from Kaieteur National Park, Guyana, northeastern South America. *Zootaxa* 1378: 19-35.
- Martins, M. & Oliveira, M.E. 1993. The snakes of the genus *Atractus* Wagler (Reptilia: Squamata: Colubridae) from the Manaus region, central Amazônia, Brazil. *Zoologische Mededelingen* 69: 1-40.
- Myers, C.W. 2003. Rare snakes—five new species from eastern Panama: reviews of northern *Atractus* and southern *Geophis* (Colubridae: Dipsadinae). *American Museum Novitates* 3391: 1-47.
- Passos, P.; Fernandes, R. & Zanella, N. 2005. A new species of *Atractus* (Serpentes: Colubridae) from southern Brazil. *Herpetologica* 61: 209-218.
- Passos, P.; Cisneros-Heredia, D.F. & Salazar-V.D. 2007. Rediscovery and redescription of the rare Andean snake *Atractus modestus*. *Herpetological Journal* 17: 1-6.
- Passos, P.; Fuenmayor, G.R. & Barrio-Amorós, C. 2009. Description of two new species from Venezuela in the highly diverse dipsadine genus *Atractus* (Serpentes: Colubridae). *Amphibia-Reptilia* 30: 233-243.
- Passos, P.; Fernandes, R. Bérnils, R.S. & Moura-Leite, J.C. 2010a. Taxonomic revision of the Brazilian Atlantic Forest *Atractus* (Reptilia: Serpentes: Dipsadidae). *Zootaxa*, 2364: 1-63.
- Passos, P.; Chiesse, A. Torres-Carvajal, O. & Savage, J.M. 2010b. Testing species boundaries within *Atractus occipitoalbus* complex (Serpentes: Colubridae: Dipsadinae). *Herpetologica* 65: 384-403.
- Passos, P.; Teixeira-Junior, M. Recoder, R.S. De Sena, M.A. Dal Vechio, F.; Pinto, H.B.A.; Mendonça, S.H.S.T. & Rodrigues, M.T. 2013. A new species of *Atractus* (Serpentes: Dipsadidae) from Serra do Cipó, Espinhaço range, Southeastern Brazil, with proposition of a new species group to the genus. *Papéis Avulsos de Zoologia* 53: 75-85.
- Prudente, A.L.C. & Passos, P. 2008. New species of *Atractus* Wagler (Serpentes: Dipsadinae) from Guyana Plateau in Northern Brazil. *Journal of Herpetology* 42: 723-732.
- Rangel-Ch J.O. & Lowy-C p. 1993. Tipos de vegetación y rasgos fitogeográficos en la región pacíficas de Colombia: 182-198. En: Leyva P. (ed.). *Colombia Pacífico*. Tomo I. Fondo FEN. Bogotá.
- Rentería-Moreno L.E & Rengifo-Mosquera, J.T. 2011. Reptiles del departamento del Chocó, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical* 1: 38-47.
- Wagler, J.G. 1828. Auszugeausseinem Systema Amphibiorum. *Isis von Oken* 21: 740-744.
- Uetz, P. & J. Hošek, P. 2015. The Reptile Database. Disponible en: <<http://www.reptile-database.org>>. Último acceso 15 Mayo de 2015.

Recibida: 22 Diciembre 2014  
 Revisada: 27 Abril 2015  
 Aceptada: 12 Junio 2015  
 Editor Asociado: A. Giraudó

© 2015 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>



## Primer registro de *Bolitoglossa mexicana* Duméril, Bibron & Duméril, 1854 (Caudata: Plethodontidae) en El Salvador

Emanuel Stanley Morán, Néstor Esaú Ruballo, Roberto Amado Vásquez

Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador, El Salvador.

*Localidad* — *Bolitoglossa mexicana* Duméril, Bibron & Duméril 1854. República de El Salvador, Departamento de Chalatenango, municipio de La Palma, Cerro La Palma (14.32021°N; 89.16717°O, 1003 m s.n.m). Esta localidad es categorizada como bosque tropical siempreverde estacional altimontano (MARN, 2011).

*Comentarios* — Diversos estudios han señalado la amplia diversidad de especies de la familia Plethodontidae con 451 especies en 26 géneros reconocidos en todo el mundo (Frost, 2014). *Bolitoglossa* es el género más diverso y ampliamente distribuido de Caudata, incluye 130 especies (Frost, 2014), cerca del 16% de las especies de salamandras conocidas (Parra-Olea *et al.*, 2004). Pese a que la mayoría de sus especies ocurren en Centroamérica y México, este género se extiende por la mayor parte de Suramérica tropical (Brame y Wake, 1963). Según Köhler *et al.* (2006) en El Salvador ocurren tres especies de *Bolitoglossa*: *B. heiroreias* (Greenbaum, 2004), *B. salvinii* (Gray, 1868) y *B. synoria* (McCraime y Köhler, 1999). La distribución de *Bolitoglossa mexicana* comprende la vertiente atlántica de Guatemala, Belice, Honduras, México, en los estados de Chiapas, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y algunos registros en la vertiente del pacífico de Honduras (Ramírez-Bautista y Arizmendi, 2004; Walker *et al.*, 2004; García-París *et al.*, 2008; Köhler, 2011). El registro más cercano a El Salvador proviene de Honduras, departamento de Ocotepeque (14.48°N; 89.28°O). El espécimen está depositado en Smithsonian Institution National Museum of Natural History (USNM 573703).

Nuestro registro está basado en la observación de un único individuo (Fig. 1) realizada el 15 de octubre del 2014 por Roberto Vásquez (fotografía depositada en The University of Texas at Arlington, UTADC 8517). El ejemplar es una hembra adulta (longitud hocico-cloaca = 71.4 mm), identificado como *Bolitoglossa mexicana* por sus características morfológicas; una de ellas es la presencia de protuberancias labiales poco pronunciadas y el patrón de

coloración.

La especie habita en bosques tropicales de tierras bajas y en bosques premontanos, donde utiliza bromelias y otras epífitas como refugio durante la estación seca (Ojeda, 2006). Puede ocupar, además, bosques deforestados y plantaciones de café. Su rango de distribución altitudinal oscila entre el nivel del mar hasta los 2054 m s.n.m (García y Mata, 2014; Frost 2014).

Esta especie, junto con otras 11 especies, pertenece al subgénero *Bolitoglossa*, anteriormente conocido como el grupo *Bolitoglossa mexicana* (Parra-Olea *et al.*, 2004). Las especies de este subgénero están caracterizadas por presentar cuerpo robusto, cola larga, patas grandes con dedos casi completamente palmeados y dorso usualmente con llamativos patrones de colores, desde el amarillo brillante al naranja, o con manchas, bandas o rayas rojizas en un fondo oscuro (García-París *et al.*, 2000).

Este hallazgo representa el primer registro de *Bolitoglossa mexicana* para El Salvador, ampliando la distribución conocida para la especie en 21 km hacia el Oeste en la costa del Pacífico. Este nuevo registro en El Salvador abre la posibilidad de que la especie se encuentre en otras zonas de la cadena montañosa fronteriza con la República de Honduras.



**Figura 1.** Hembra adulta de *Bolitoglossa mexicana* (UTADC 8517, longitud hocico-cloaca 71.4 mm) fotografiada en el Cerro La Palma, municipio de La Palma, departamento de Chalatenango, El Salvador. Foto: Roberto Vásquez.

## Agradecimientos

A Milagro Salina por el préstamo de equipo y guía de identificación, a Mario Solís por la ayuda en la identificación del individuo y Raquel Alvarado por la facilitación de información para la redacción del manuscrito.

## Literatura citada

- Brame, A.H. & Wake, D.B. 1963. The salamanders of South America. *Natural History Museum of Los Angeles County Contributions in Science* 69: 1-72.
- Frost, D.R. 2014. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Versión 6.0. Disponible en: <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>>. American. Último acceso: 15 de marzo del 2015.
- García-París, M.; Parra-Olea, G. & Wake, D.B. 2008. Description of a new species of the *Bolitoglossa subpalmatagroup* (Caudata: Plethodontidae) from Costa Rica. *Herpetological Journal* 18: 23-31.
- García-Padilla, E. & Mata-Silva, V. 2014. Noteworthy distributional records for the herpetofauna of Chiapas, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 1: 293-295.
- Greenbaum, E. 2004. A new species of *Bolitoglossa* (Amphibia: Caudata: Plethodontidae) from montane forests in Guatemala and El Salvador. *Journal of Herpetology* 38: 411-421.
- Gray, J.E. 1868. Notice of two new salamanders from Central America. *Annals and Magazine of Natural History ser: 4*: 297-298.
- Köhler, G. 2011. Amphibians of Central America. Herpeton Verlag, Offenbach.
- Köhler, G.; Veselý, M. & Greenbaum, E. 2006. The amphibians and reptiles of El Salvador. Krieger Publ. Co., Malabar.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2011. Estudio de racionalización y priorización del sistema de áreas naturales protegidas de la República de El Salvador. World Institute for Conservation and Environment, San Salvador.
- McCranie, J.R. & Köhler, G. 1999. A new species of salamander of Cerro El Pital, Honduras and El Salvador (Amphibia, Caudata: Plethodontidae). *Senckenbergianabiologica* 78: 225-229.
- Ojeda, M. 2006. Salamandras endémicas para la región de Guatemala. Programa EDC-integrado. Guatemala: Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Parra-Olea, G.; García-París, M. & Wake, D.B. 2004. Molecular diversification of Salamanders of the tropical American genus *Bolitoglossa* (Caudata: Plethodontidae) and its evolutionary and biogeographical implications. *Biological Journal of Linnean Society* 81: 325-346.
- Ramírez-Bautista, A. & Arizmendi, M.C. 2004. *Bolitoglossa mexicana*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. D.F., México.
- Walker, P.; Wilson, L.D.; Lee, J.; Wake, D.; Acevedo, M.; Ruanco, G.; Vásquez, C.; Rovito, S.; Papenfuss, T. & Castañeda, F. 2008. *Bolitoglossa mexicana*. En: IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2014.3. Disponible en: <<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/59180/0>>. Último acceso: 15 de marzo del 2015.

Recibida: 16 Marzo 2015  
Revisada: 26 Mayo 2015  
Aceptada: 09 Junio 2015  
Editor Asociado: S. Castroviejo

© 2015 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

## Presencia de *Stenocercus azureus* Müller 1880 (Squamata: Iguania) en la República Argentina

Eduardo Etchepare<sup>1</sup>, Dionel Aguiar<sup>1</sup>, Soledad Palomas<sup>1</sup>, Alejandro Giraudo<sup>2</sup>, Julián Alonso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Herpetología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. Av. Libertad 5470 (3400) Corrientes, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Limnología (CONICET-UNL) Facultad de Humanidades y Ciencias. Ciudad Universitaria (3000) Santa Fe, Argentina.

<sup>3</sup>Parque Nacional Pre-Delta, Administración de Parques Nacionales, 25 de Mayo 389, (3105) Diamante, Entre Ríos, Argentina.

**Localidades** — República Argentina, Provincia de Corrientes: Departamento Ituzaingó: Estancia San Alonso, Reserva Natural del Iberá (28°19'58.34"S; 57°28'13.44"W - Fig. 1). Fecha de colección: 09 de diciembre de 2014. Colectores: Eduardo Etchepare, Dionel Aguiar y Soledad Palomas. Hembra adulta (Figs. 2 y 3), longitud hocico-cloaca 79,7 mm; longitud total 219,7 mm, depositada en la Colección Herpetológica de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNEC 13000). Departamento de Ituzaingó: Ruta Prov. 10 entre Playadito y Ruta Nac. 14 (27°53'21.41"S; 55°55'48.20"W): ejemplar adulto fotografiado por Julián M. Alonso (Fig. 4), sin voucher.

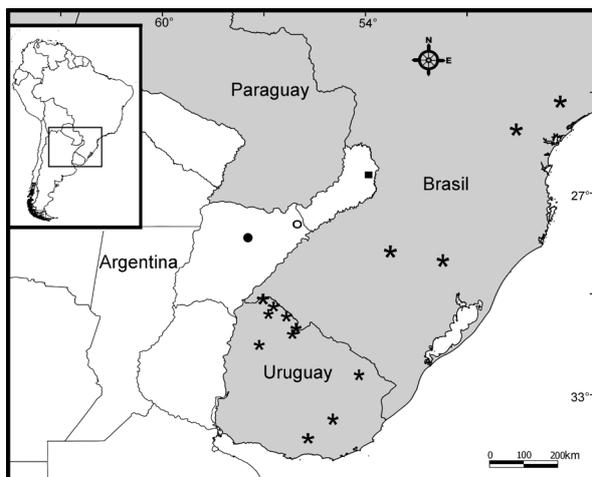
**Comentarios** — Los lagartos del género *Stenocercus* comprenden 64 especies (Venegas *et al.*, 2014) que

pertenecen a la tribu Tropicurini (Schulte *et al.*, 2003). Se distribuyen en Sudamérica desde el norte de Venezuela y Colombia hasta el centro de Argentina desde los 0 a los 4000 m s.n.m en los Andes y tierras adyacentes. Algunas especies se encuentran en la zona atlántica en el sur de Argentina, Brasil y Uruguay (Torres-Carvajal, 2007; Venegas *et al.*, 2014).

*Stenocercus azureus* es una especie registrada para el sur de Brasil, en los Estados de Paraná, Río Grande do Sul y São Paulo, así como en los departamentos de Artigas, Canelones, Cerro Largo, Lavalleja, Rivera, Salto, Soriano y Tacuarembó en Uruguay (Carreira *et al.*, 2005; Torres-Carvajal, 2007).

Koslowski (1898) mencionó la presencia de esta especie en Argentina para la provincia de Misiones, aunque sin indicar localidades precisas, ni material de referencia. Cei (1993) adiciona un punto de referencia dentro de la provincia de Misiones, aclarando que no se cuenta con datos que confirmen su presencia. Posteriormente, fue incluida en las categorizaciones de lagartijas y anfisbenas de Argentina (Avila *et al.*, 2000; Abdala *et al.*, 2012), bajo el estado de Insuficientemente Conocida. Torres-Carvajal (2007), en su revisión del género y Avila *et al.* (2013) en el listado de lagartijas y anfisbenas de Argentina, no mencionan a la especie para el país, proponiendo los últimos autores su eliminación de los listados de fauna de Argentina hasta no contar con material de referencia. En la presente nota damos a conocer dos registros que confirman la presencia de esta especie para Argentina.

El individuo UNNEC 13000 (Figs. 2 y 3) fue registrado activo a las 16 hs en la Estancia San Alonso, ubicada dentro de la Reserva Natural del Iberá en el centro norte de la provincia de Corrientes, en una zona de lomadas arenosas con pastizales de



**Figura 1.** Distribución de *Stenocercus azureus* en Argentina. Círculo negro (●) nuevo registro de *S. azureus* en la Provincia de Corrientes (UNNEC 13000). Círculo blanco (○) registro fotográfico de Colonia Liebig - Playadito. Cuadrado (■) *sensu* Cei (1993) registro para la provincia de Misiones en el departamento San Pedro aproximadamente. Asteriscos (\*) registros de Torres-Carvajal, 2007.



**Figura 2.** (a) Vista dorsal y (b) lateral de *Stenocercus azureus* UNNEC: 13000. Foto: Eduardo G. Etchepare.

espartillo (*Elyonurus muticus*) y palmares de yatay poñí (*Butia paraguayensis*).

El ejemplar colectado se diferencia del resto de las especies del género por poseer una mayor longitud del III y IV dedo del miembro anterior, el IV dedo del miembro posterior más largo, escamas gulares y ventrales fuertemente quilladas y mucronadas, bolsillo con ácaros posthumeral y postfemoral ausentes, prelocales posteriormente proyectadas y cola más larga que el cuerpo (Ceí, 1993; Carreira *et al.*, 2005; Torres-Carvajal, 2007). Posee 38 escamas vertebrales, 33 escamas alrededor del cuerpo, 5 superciliares, 5 internasales, 17/16 escamadas subdigitales en el dedo IV del miembro anterior, 24/24 escamadas subdigitales en el dedo IV del miembro posterior, ojo pineal visible y escamas de la región posterior del muslo carenadas. La longitud de la cola (140 mm) es 1,76 veces la longitud corporal (79,7 mm).

### Agradecimientos

A la Dirección de Parques y Reservas de la provincia de Corrientes por otorgar el permiso de colecta. Al CONICET (beca posdoctoral Etchepare, E. G.) y



**Figura 3.** Vista ventral de *Stenocercus azureus* UNNEC: 13000. Foto: Eduardo G. Etchepare.

a la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (PI 12IF02) por otorgar los fondos para los trabajos de campo. A The Conservation Land Trust (CLT), especialmente al guardaparque Pascual Pérez, por proporcionar el apoyo logístico dentro de la Isla San Alonso.

### Literatura citada

- Abdala, C.S.; Acosta, J.L.; Acosta, J.C.; Álvarez, B.B.; Arias, F.; Ávila, L.J.; Blanco, M.G.; Bonino, M.; Boretto, J.M.; Brancatelli, G.; Breitman, M.F.; Cabrera, M.R.; Cairo, S.; Corbalan, V.; Hernando, A.; Iburgüengoytia, N.R.; Kakoliris, F.; Laspiur, A.; Montero, R.; Morando, M.; Pellegrini, N.; Pérez, C.H.F.; Quinteros, A.S.; Semhan, R.V.; Tedesco, M.E.; Vega, L. & Zalba, S.M. 2012. Categorización del estado de conservación de las lagartijas y anfisbenas de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26: 215-248.
- Avila, L.J.; Montero, R. & Morando, M. 2000. Evaluación del estado de conservación de la fauna de lagartijas y anfisbenas de la República Argentina: 51-74. *En: Lavilla, E., E. Richard y G. Scrocchi (eds.), Categorización de Anfibios y Reptiles de Argentina. Asociación Herpetológica Argentina, Tucumán.*
- Avila, L.J.; Martinez, L.E. & Morando, M. 2013. Checklist of lizards and amphisbaenians of Argentina: an update. *Zootaxa* 3616: 201-238.
- Carreira, S.; Meneghel, M. & Achaval, F. 2005. Reptiles de Uruguay. DIRAC, Facultad de Ciencias. Montevideo.
- Ceí, J.M. 1993. Reptiles del noroeste, nordeste y este de la Argentina: Herpetofauna de las selvas subtropicales, Puna y Pampas. *Bolletino Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino, Monografie IV*: 1-949.
- Koslowsky, J. 1898. Ofidios de Matto-Grosso (Brazil). *Revista del Museo de La Plata* 8: 25-34.
- Schulte, J.A.; Valladares, J.P. & Larson, A. 2003. Phylogenetic relationships within Iguanidae inferred using molecular and morphological data and a phylogenetic taxonomy of iguanian lizards. *Herpetologica* 59: 399-419.
- Torres-Carvajal, O. 2007. A taxonomic revision of South American *Stenocercus* (Squamata: iguana) lizards. *Herpetological Monographs* 21: 76-178.
- Venegas, P.J.; Echevarria, L.Y. & Alvarez, S.C. 2014. A new species of spiny-tailed iguanid lizard (Iguania: *Stenocercus*) from northwestern Peru. *Zootaxa* 3753: 47-58.



**Figura 4.** (a) Vista dorsal y (b) lateral de *Stenocercus azureus*. Colonia Liebig – Playadito. Foto: Julián M. Alonso.

Recibida: 13 Mayo 2015  
Revisada: 09 Junio 2015  
Aceptada: 27 Junio 2015  
Editor Asociado: A. S. Quinteros

© 2015 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>



## ***Leptodactylus bufonius* (Boulenger, 1894) (Anura, Leptodactylidae). Ampliación del rango de distribución para la provincia de San Juan (República Argentina)**

Eduardo Sanabria<sup>1,2</sup>, Cristina Vergara<sup>3</sup>, Paula Wetten<sup>3</sup>, Juan Aragón-Traverso<sup>3</sup>, Exequiel González<sup>3</sup>

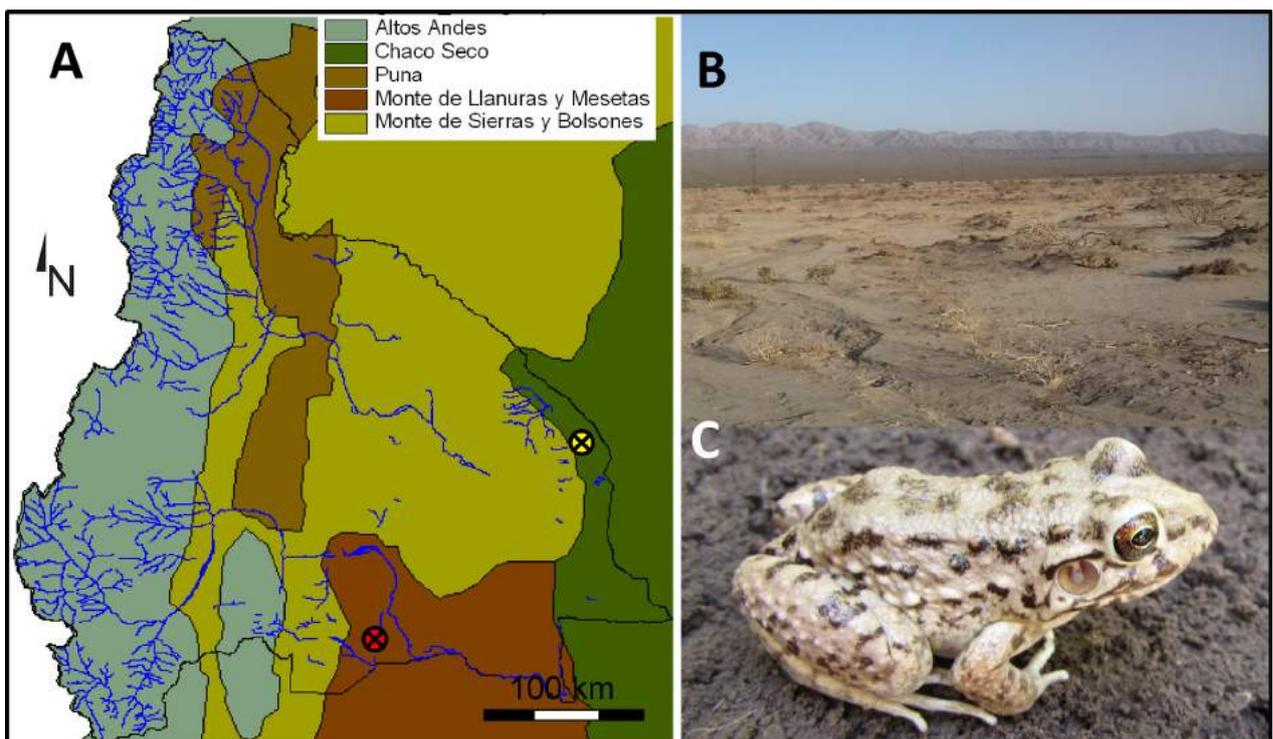
<sup>1</sup> CONICET, Instituto de Ciencias Básicas, Facultad de Filosofía Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan. Av. José Ignacio de la Roza 230 (O) (5400). San Juan, Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo. Padre Contreras 1300 (5500) Mendoza, Argentina.

<sup>3</sup> Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de la Roza 590 (O) (5400). San Juan, Argentina.

*Localidad* – *Leptodactylus bufonius* (Boulenger, 1894), provincia de San Juan, departamento Sarmiento, ruta Nacional N° 40 entre la localidad de Media Agua y San Carlos (32° 8' 11.9034" S; 68° 28' 33.132" O; Altitud: 537 m s.n.m.). Colectores: E. Sanabria, C. Vergara, P. Wetten, J. Aragon-Traverso, E. Gonzalez. Un ejemplar colectado el 14 de Marzo de 2015 (Fig. 1). El espécimen se encuentra depositado en la colección herpetológica de la Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina (FML-28564).

*Comentarios* – *Leptodactylus bufonius* (Boulenger, 1894), es una rana de tamaño pequeño, de hábitos fosoriales. Su distribución conocida abarca Este y Sudeste de Bolivia hasta el norte de Argentina, Paraguay y Mato Grosso do Sul, Brasil. En Argentina, ha sido reportada predominantemente para el dominio chaqueño, con presencia en las provincias de Catamarca, Córdoba, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, La Rioja, Mendoza, Misiones, Salta, San Luis, Santa Fé, Santiago del Estero, Tucumán, San Juan, Santa Cruz y Río Negro.



**Figura 1.** A) Localización geográfica de *L. bufonius*. Río las Tumanas Dpto. Valle Fertil (círculo amarillo) y San Carlos, Dpto. Sarmiento (círculo rojo). B) Ambiente donde se realizó la colecta del ejemplar. C) Ejemplar de referencia (FML-28564).

Autor para correspondencia: sanabria.eduardoa@gmail.com

mán y noreste de la provincia de San Juan (Vaira *et al.*, 2012; Frost, 2015).

La localidad del nuevo hallazgo pertenece a la eco-región del Monte de llanuras y mesetas (Fig. 1), con prevalencia de vegetación arbustiva xerófita del género *Larrea* spp., *Bulnesia retama* y *Prosopis* spp. (Pol *et al.*, 2005). El presente registro extiende la distribución de la especie 175 km al Suroeste del río Las Tumanas, provincia de San Juan (Sanabria y Quiroga, 2008) y 258 km al Noroeste de la localidad de La Florida provincia de San Luis (Jofré *et al.*, 2010).

### Agradecimientos

A Lorena Quiroga por su colaboración desinteresada en la identificación del material de referencia. A la Subsecretaria de Medio Ambiente de la provincia de San Juan por las autorizaciones correspondientes.

### Literatura citada

Frost, D.R. 2015. Amphibian Species of the World: an Online

Reference. Version 5.5. Disponible en: <<http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>>. American Museum of Natural History, New York, USA. (Último acceso 20 Marzo 2015).

Sanabria, E. & Quiroga, L. 2008. Guía Sonora de los anfibios de San Juan. (CD-ROM) Versión Digital. ISBN 978-987-05-4623-8.

Pol, R., Camin, S. & Astié, A. 2006. Situación ambiental en la ecoregión del Monte: 226-239. *En*: Brown A., Ortiz, U., Acerbi, M. & Corcuera, J. (eds.). La situación ambiental de Argentina, 2005. Fundación Vida Silvestre, Buenos Aires, Argentina.

Jofré, M.B.; Cid, F.D. & Caviedes-Vidal, E. 2010. Spatial and temporal patterns of richness and abundance in the anuran assemblage of an artificial water reservoir from the semiarid central region of Argentina. *Amphibia-Reptilia* 31: 533-540.

Vaira, M.; Akmentins, M.S.; Attademo, M.; Baldo, D.; Barrasso, D.; Barrionuevo, S.; Basso, N.; Blotto, B.; Cairo, S.; Cajade, R.; Céspedes, J.; Corbalán, V.; Chilote, P.; Duré, M.; Falcione, C.; Ferraro, D.; Gutierrez, F.R.; Ingaramo, M.d.R.; Junges, C.; Lajmanovich, R.; Lescano, J.N.; Marangoni, F.; Martinazzo, L.; Marti, R.; Moreno, L.; Natale, G.S.; Perez Iglesias, J.M.; Peltzer, P.; Quiroga, L.; Rosset, S.; Sanabria, E.; Sanchez, L.; Schaefer, E.; Úbeda, C. & Zaracho, V. 2012. Categorización del estado de conservación de los anfibios de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26: 131-159.

Recibida: 18 Mayo 2015

Revisada: 15 Julio 2015

Aceptada: 03 Agosto 2015

Editor Asociado: M. Vaira

© 2015 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

## Registro de un ejemplar de *Trachemys scripta elegans* (Wied 1839) en la provincia de Jujuy, Argentina

María F. Quiroga<sup>1</sup>, Noelia González Baffa Trasci<sup>2</sup>, Mauricio S. Akmentins<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones y Transferencia de Jujuy (CIT-JUJUY), CONICET-UNJu, Av. Bolivia 1711 (4600), Jujuy, Argentina.

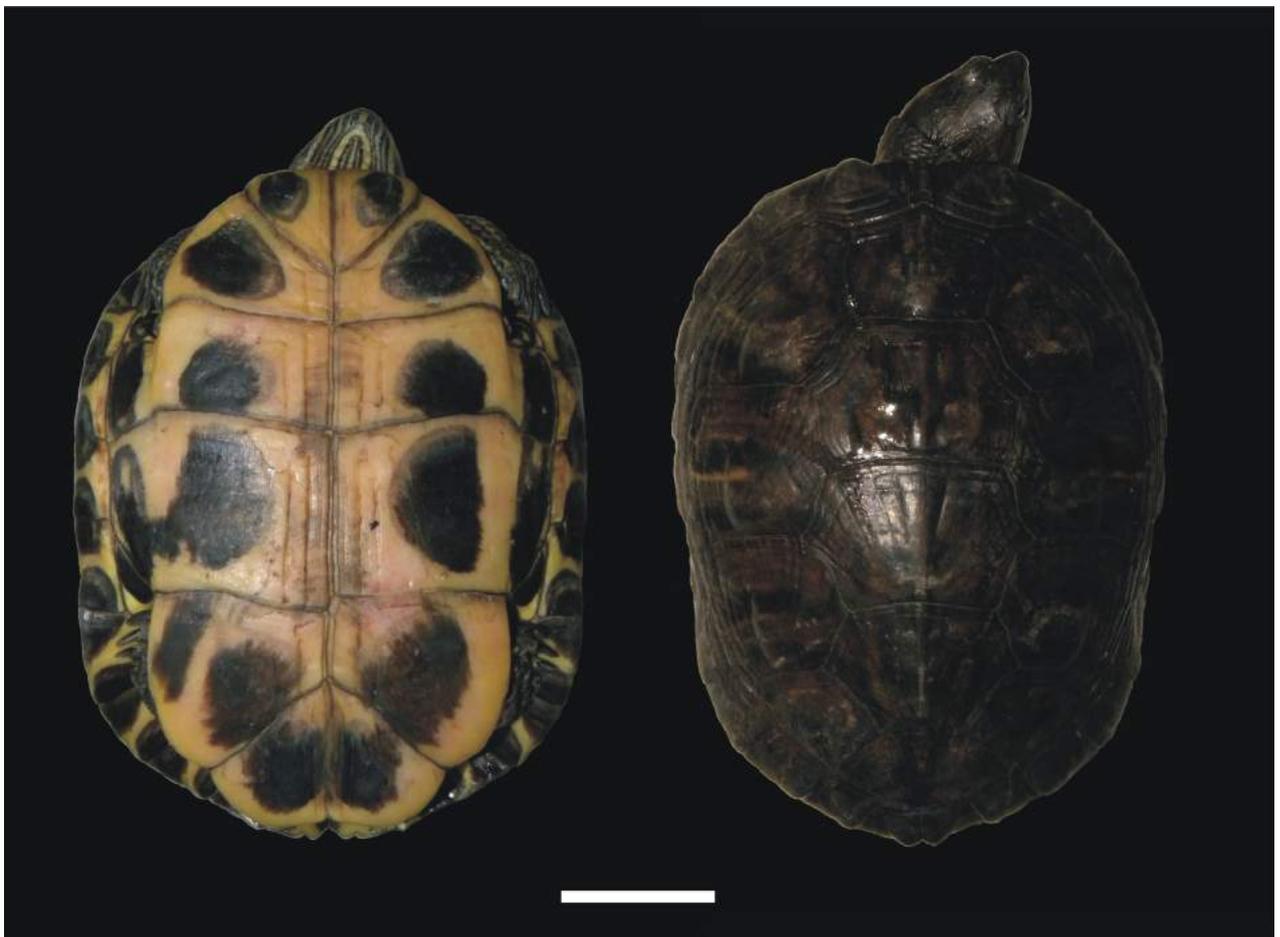
<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47 (4600), Jujuy, Argentina.

*Localidad* — República Argentina, provincia de Jujuy, departamento El Carmen, ruta nacional N° 9 (24°26'6.77"S; 65°17'59.86"W; altitud: 1252 m s.n.m). Colectores M. S. Akmentins, M. F. Quiroga y N. González. Ejemplar hembra adulto hallado termorregulando sobre la carpeta asfáltica a las 17:30 hs del día 01 de junio de 2015. El ejemplar fue removido del ambiente natural y se mantiene en cautividad.

*Comentarios* — La tortuga de orejas rojas (*Trachemys*

*scripta elegans*) es originaria del centro este de los Estados Unidos y noreste de México (Ernst, 1990), pero debido al comercio internacional de animales silvestres se ha convertido en un invasor biológico a nivel global (Lowe *et al.*, 2000; Alcalde *et al.*, 2012).

El ejemplar registrado posee longitud recta del carapax = 19 cm y longitud del plastrón = 18 cm (Fig. 1). La tortuga se encontraba a pocos metros de un arroyo que desagua en el complejo de diques La Ciénaga/Las Maderas de la localidad de El Car-



**Figura 1.** Vista ventral y dorsal del ejemplar de *Trachemys scripta elegans* registrado en el departamento El Carmen, provincia de Jujuy, Argentina. La barra blanca equivale a 5 cm.

men. El paisaje en el área del registro se encuentra altamente modificado por actividades ganaderas y urbanizaciones.

En Argentina, *Trachemys scripta elegans* ha sido reportada para dos localidades en la provincia de Buenos Aires y en ambos casos se trató del registro de individuos aislados (Alcalde *et al.*, 2012; Prado *et al.*, 2012), por lo que se desconoce si la tortuga de orejas rojas ha logrado establecer poblaciones asilvestradas. Este nuevo registro representa el primero para la región noroeste del país.

Sería conveniente realizar un relevamiento intensivo en los cursos de agua de la zona donde se registró el ejemplar, así como en el complejo de diques que se encuentran a pocos kilómetros, a fin de determinar si existe una población asilvestrada de tortugas de orejas rojas en la provincia de Jujuy.

#### Literatura citada

- Alcalde, L., Derocco, N.N., Rosset, S.D. & Williams, J.D. 2012. Southernmost localities of *Trachemys dorbigni* and first record of *Trachemys scripta elegans* for Argentina (Cryptodira: Emydidae). *Chelonian Conservation and Biology* 11: 128-133.
- Ernst, C.H. 1990. Systematics, taxonomy, variation, and geographic distribution of the slider turtle: 57-67. *En*: Gibbons, J.W. (ed.). *Life History and Ecology of the Slider Turtle*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. & De Poorter, M. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the global invasive species database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN). Disponible en: <[www.issg.org/booklet.pdf](http://www.issg.org/booklet.pdf)>. Último acceso: 15 Junio 2015.
- Prado, W.S., Waller, T., Albareda, D.A., Cabrera, M.R., Etchepare, E., Giraudo, A.R., González Carman, V., Prosdocimi, L. & Richard, E. 2012. Categorización del estado de conservación de las tortugas de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26: 375-387.

Recibida: 16 Junio 2015

Revisada: 15 Julio 2015

Aceptada: 23 Julio 2015

Editor Asociado: M. Cabrera

© 2015 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

## ***Homonota fasciata* Duméril & Bibron, 1836 (Squamata: Phyllodactylidae): Nuevo registro para el noreste del departamento de Potosí, Bolivia**

Patricia Mendoza M.<sup>1</sup>, Luis Rolando Rivas T.<sup>1</sup>, Arturo Muñoz S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny, Departamento de Herpetología. Avenida Potosí # 1458 Casilla Postal #843. Cochabamba, Bolivia.

<sup>2</sup> Laboratory of Animal Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Heidestraat 19, 9820 Merelbeke, Bélgica.

*Localidad* — *Homonota fasciata* Duméril & Bibron, 1836. Bolivia, departamento de Potosí, Provincia Charcas, Parque Nacional Torotoro, Municipio Torotoro, Comunidades de Torotoro (18° 08' 10.3" S; 65° 46' 29.3" O a 2783 m s.n.m) y Sucusuma (18° 04' 43.2" S; 65° 44' 41.7" O a 2020 m s.n.m). Extiende su distribución 178.5 km al oeste de Bolivia desde Pampagrande (Santa Cruz). Colector: P. Mendoza. En febrero 2009 se lograron registrar 11 individuos en total, de los cuales se colectaron dos especímenes, un individuo adulto "hembra" (MHNCR-526) a las 10:45 hs en la comunidad de Torotoro (Fig. 1) y un individuo juvenil (MHNCR-528) a las 15:00 hs en la comunidad de Sucusuma. Ambos se encontraban en posición de descanso bajo una roca. El hábitat estaba dominado por vegetación arbustiva propia de la ecorregión de los Bosques Secos Interandinos. Los especímenes se encuentran depositados en la colección herpetológica del Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny (MHNCR).



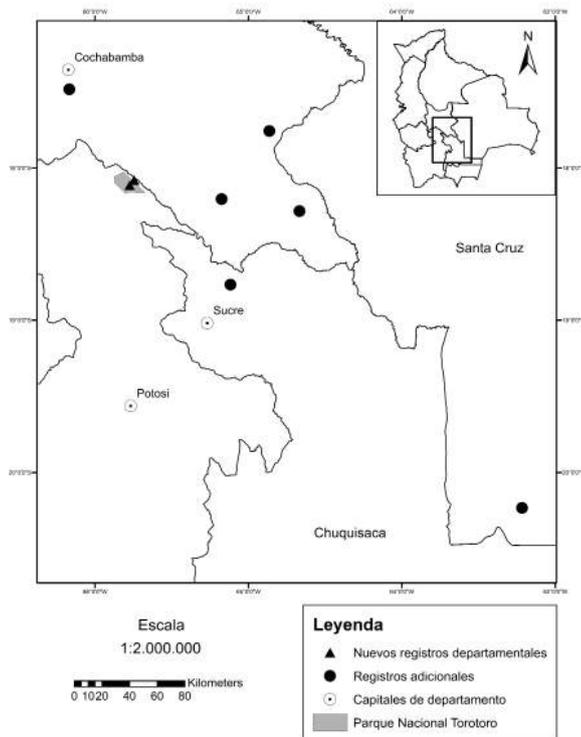
**Figura 1.** *Homonota fasciata* (individuo hembra) MHNCR- 526 en Potosí, Bolivia.

*Comentarios* — Las especies del género *Homonota* Gray, 1845 son endémicas de Sudamérica, presentes al este y oeste de los Andes (Kluge, 1964) habitando diferentes tipos de ecosistemas desde el estrecho de Magallanes en Argentina, Paraguay, Uruguay, Brasil y la parte sur de Bolivia (Cacciali *et al.*, 2007; Etchepare *et al.*, 2011).

En Bolivia, se conoce el registro de dos especies: *Homonota dorbignyi* y *Homonota fasciata* (Kluge, 1964). Dirksen y De la Riva (1999) registraron a *H. fasciata* en los departamentos de Cochabamba; Santa Cruz: Huasacañada, Pampa Grande, Cerro Colorado, La Madre, Yapiroa y San José de Chiquitos; Tarija: Aguairenda, Caiza, Villa Montes y Andes de Catamarca. Embert (2007) mencionó la presencia de *H. fasciata* en el departamento de Chuquisaca.

A través de la presente nota proveemos nuevos sitios de registro de *Homonota fasciata* en las siguientes localidades: Chuquisaca: Zurima 18° 46' 0" S, 65° 7' 0" O; Cochabamba: La Yunga 18° 17' 0" S, 64° 40' 0" O; Pucara-La Viña 17° 29' 0.27" S, 66° 10' 0" O; Aiquile 18° 12' 15.8" S, 65° 10' 27.7" O y Pojo 17° 45' 25.7" S, 64° 51' 47.5" O; Santa Cruz: Estancia Ururigua 20° 13' 59.98" S, 63° 13' 0.01" O (Fig. 2).

*Homonota fasciata* presenta grandes escamas dorsales quilladas dispuestas en series oblicuas que confluyen hacia la línea vertebral (Ceí, 1993). La descripción de los especímenes se basa en la descripción de Kluge (1964). El individuo adulto MHNCR- 526 presenta las escamas dorsales del cuerpo heterogéneas, dispuestas longitudinalmente en línea vertical y fuertemente quilladas, el vientre cubierto por grandes escamas, poros femorales ausentes, cabeza triangular, escamas granuladas en la cabeza a partir de las posnasales, escamas de la superficie ventral de la cabeza y el cuello del mismo tamaño, mentales más amplios que las posmentales, 3 posmentales en contacto con la mental, hocico moderadamente largo,



**Figura 2.** Nuevos registros de *Homonota fasciata* en las comunidades de Torotoro y Sucusuma, Potosí, Bolivia (triángulos); y recientes registros de la especie en Cochabamba, Chuquisaca y Santa Cruz (círculos).

ojos grandes y pupila vertical, supralabiales 6/6 con la primera supralabial bordeando el orificio nasal, las primeras cuatro supralabiales al menos iguales en tamaño, escamas interorbitales: 16, con incisión diagonal del oído. Largo Total: 89 mm, LHC: 45 mm. El individuo juvenil MHNCR 528 presenta en el dorso escamas quilladas heterogeneas dispuestas

verticalmente, escamas ventrales grandes, poros femorales ausentes, cabeza triangular, supralabiales 6/6 ninguna en contacto con el ojo, escamas interorbitales: 14, con incisión diagonal del oído.

### Agradecimientos

Queremos agradecer a Rufford (Small Grants) que financió las campañas de campo en conjunto con Iniciativa Anfibios de Bolivia y Contribución a la Conservación de Reptiles de Bolivia. A Marisol Hidalgo, Carla Pacheco y los miembros del Parque Nacional Torotoro que fueron parte del equipo de investigación.

### Literatura citada

- Cacciali, P.; Ávila, I. & Bauer, F. 2007. A new species of *Homonota* (Squamata, Gekkonidae) from Paraguay, with a key to the genus. *Phyllomedusa* 6: 137-146.
- Cei, J.M. 1993. Reptiles del noroeste, noreste y este de la Argentina. Herpetofauna de las selvas subtropicales, Puna y Pampas. *Museo Regionale di Scienze Naturali Torino Monografía* 14:
- Dirksen, L. & De la Riva, I. 1999. The lizards and amphisbaenians of Bolivia (Reptilia, Squamata). Checklist, localities, and bibliography. *Graellsia* 55: 199-215.
- Embert, D. 2007. Distribution, diversity and conservation status of Bolivian reptiles. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen. Universität Bonn.
- Etchepare, E.G.; Ingaramo, M.R.; Falcione, C.; Aguirre, R.H.; & Barrios, C.E. 2011. *Homonota fasciata* Dumeril y Bibron, 1839 (Reptilia, Squamata, Phyllodactylidae). Primer registro para la provincia de Corrientes (República Argentina). *Cuadernos de Herpetología* 25: 21-22.
- Kluge, A.G. 1964. A revision of the South American Gekkonid lizard genus *Homonota* Gray. *American Museum Novitates* 2193: 1-41.

Recibida: 26 Noviembre 2014  
 Revisada: 15 Diciembre 2014  
 Aceptada: 22 Marzo 2015  
 Editor Asociado: A. S. Quinteros

© 2015 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

## ***Contomastix serrana* (Cei & Martori, 1991). Primer registro para la provincia del Chaco (República Argentina)**

José Luis Acosta<sup>1</sup>, Eduardo Etchepare<sup>1</sup>, Federico Arias<sup>2</sup>, Soledad Palomas<sup>1</sup>, Fernanda Abreliano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Herpetología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. Av. Libertad 5470 (3400) Corrientes, Argentina.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, Caixa Postal 11.461, CEP 05422-970, São Paulo, Brasil.

**Localidad** — República Argentina, Provincia del Chaco, Departamento General Güemes, Parque Natural Provincial Fuerte Esperanza (25°08'58"S; 61°48'42"O). Fecha de colección: 31 de enero de 2014. Colectores: José Luis Acosta y Eduardo Etchepare. Se colectó una hembra adulta con una longitud hocico-cloaca de 63,25 mm y una longitud total de 177,42 mm, que fue depositada en la Colección Herpetológica de la Universidad Nacional del Nordeste bajo el número UNNEC 12354.

**Comentarios** — Los registros de distribución de *Contomastix serrana* son principalmente en las sierras de las provincias de Córdoba, San Luis y Santiago del Estero (Cei y Martori, 1991; Cei, 1993; Pérez *et al.*, 2004; Avila *et al.*, 2013). Sin embargo, la única población hallada en un área protegida es la que se encuentra en la llanura chaqueña en el Parque Nacional Copo, en la provincia de Santiago del Estero (Arias y Lobo, 2005). Así como en otras especies del género, tales como *C. leachei* y *C. vittata*, se conoce muy poco sobre el rango de distribución de *C. serrana* (Fig. 1). Una de las posibles causas de esto es que estas especies son de hábitos sigilosos, viviendo



**Figura 2.** *Contomastix serrana* UNNEC 12354. Foto: José Luis Acosta.

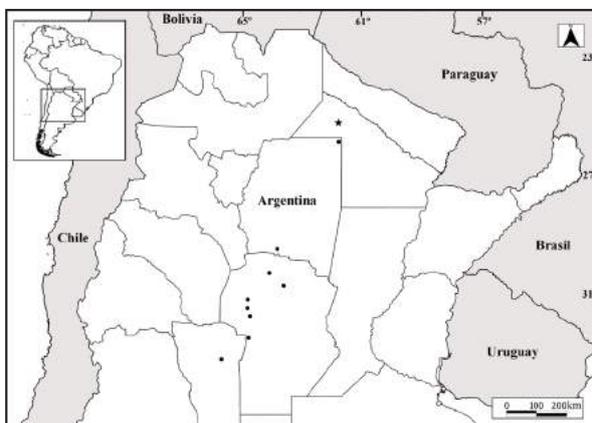
bajo las rocas cerca de arroyos (Arias *et al.*, 2013). En la presente nota se da a conocer el hallazgo de *Contomastix serrana* (Fig. 2) para el Parque Natural Provincial Fuerte Esperanza, siendo este el primer registro para la provincia del Chaco, extendiéndose 60 km al norte la distribución de esta especie. El ejemplar fue encontrado activo a las 16:30 hs. entre ramas caídas, en el interior de un bosque degradado de quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) típico del Distrito Chaqueño Occidental de la Provincia Fitogeográfica Chaqueña (Cabrera, 1976).

### **Agradecimientos**

A la Dirección de Fauna y Áreas Naturales Protegidas de la provincia del Chaco por el permiso de colecta. Al CONICET (beca doctoral y posdoctoral) y a la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (PI12F007) por otorgar los fondos para los trabajos de campo.

### **Literatura citada**

Arias, F.; Barrios, F. & Palavecino, A. 2013. Range extension and geographic distribution of the poorly known species, *Contomastix leachei* Perca, 1897 (Squamata: Teiidae). *Check list* 9: 844-846.



**Figura 1.** Mapa de distribución de *Contomastix serrana* en Argentina. Círculos: registros previos (Cei y Martori, 1991; Cei, 1993; Pérez *et al.*, 2004; Arias y Lobo, 2005). Estrella: nuevo registro.

J. L. Acosta *et al.* — *Contomastix serrana* en Chaco, Argentina

- Arias, F. & Lobo, F. 2005. Geographic distribution. *Cnemidophorus serranus*. *Herpetological Review* 36: 467.
- Avila, L.J.; Martinez, L.E. & Morando, M. 2013. Checklist of lizards and amphisbaenians of Argentina: an update. *Zootaxa* 3616: 201-238.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Editorial Acme. 1: 1-85.
- Cei, J.M. 1993. Reptiles del noroeste, nordeste y este de la Argentina. Herpetofauna de las selvas subtropicales, Puna y Pampas. *Museo Regionale di Scienze Naturali Torino Monografie* 14: 1-929.
- Cei, J.M. & Martori, R.A. 1991. A new species of *Cnemidophorus* of the *lacertoides* species group from the eastern Sierras de Cordoba, Central Argentina (Lacertilia, Teiidae). *Bollettino Museo Regionale Di Scienze Naturali (Torino)* 9: 33-38.
- Pérez, C.H.F.; López, E.C.G. & Avila, L.J. 2004. Geographic distribution. *Cnemidophorus serranus*. *Herpetological Review* 35: 408.

Recibida: 23 Octubre 2014

Revisada: 13 Noviembre 2014

Aceptada: 16 Marzo 2015

Editor Asociado: A. S. Quinteros

© 2015 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

# Normas de autor de CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA (revisadas Feb./2015)

## Alcance y Política Editorial

CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA es una revista multidisciplinaria que lidera en Argentina la publicación de trabajos científicos relacionados con Anfibios y Reptiles, abarcando tópicos como: sistemática, taxonomía, anatomía, fisiología, embriología, evolución, ecología, genética, comportamiento, conservación, paleontología, etc. Comprende las siguientes secciones: TRABAJOS, PUNTOS DE VISTA, NOTAS y NOVEDADES ZOOGEOGRÁFICAS. Los idiomas aceptados son castellano, portugués e inglés.

CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA se publica dos veces al año, Mayo y Septiembre. CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA no cobra a los autores por su publicación a excepción de manuscritos que contengan un número elevado de fotografías o gráficos en color estipulando un pago con los autores de acuerdo a los costos de edición de cada trabajo o acordando que puedan convertirse a escalas de grises en la versión impresa. Está disponible en formato electrónico como revista de Acceso Abierto (bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 2.5 Argentina). Está disponible en formato papel para miembros de la *Asociación Herpetológica Argentina* y suscriptores de la revista.

## Envío de Manuscritos

Los manuscritos deberán ser enviados por el sistema de Envíos en Línea del Portal de Publicaciones Científicas y Técnicas (PPCT). Para ello es necesario registrarse e identificarse para poder enviar manuscritos y para comprobar el estado de los mismos. Ingrese a la siguiente dirección <<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cuadherpetol/user/register>> y siga las instrucciones de registro. Debe registrarse bajo el rol de Autor para poder enviar manuscritos.

Los manuscritos serán recibidos por el Director/Editor ([director.cuadherpetol@gmail.com](mailto:director.cuadherpetol@gmail.com)) quien los distribuirá entre los Editores Asociados. Los manuscritos que no sigan el estilo editorial no serán considerados para su publicación y serán devueltos a los autores. Números recientes de CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA pueden ser consultados antes de enviar un manuscrito. A partir de 2015, el formato de la revista ha sufrido cambios sustanciales que se solicita sean tenidos en cuenta. La última versión de Normas de Autor está disponible en: <[\[ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cuadherpetol/about/submissions#authorGuidelines\]\(http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cuadherpetol/about/submissions#authorGuidelines\)>.](http://</a></p></div><div data-bbox=)

## Presentación de Manuscritos

Los trabajos deben ser originales y no deben haber sido enviados simultáneamente, o haber sido aceptados en otra revista. Los autores que someten un manuscrito para publicación aceptan la responsabilidad por todas las personas que son incluidas como autores del trabajo.

Como parte del proceso de envío, los/as autores/as se comprometen a cumplir con todos los criterios que se nombran a continuación. Además, los/as autores/as aceptan que los envíos que no cumplan con estas indicaciones pueden ser devueltos y/o rechazados por el Comité Editorial de la revista.

1. El trabajo presentado cumple con las “Normas de Autor” y “Aspectos generales en la preparación del manuscrito”.
2. El contenido del manuscrito ha sido tácita o explícitamente aprobado por las autoridades responsables donde se realizó la investigación y/o trabajo de campo.
3. El trabajo no ha sido publicado en ningún medio y no será enviado a otra revista científica o a cualquier otra forma de publicación, mientras dure la evaluación en CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA.
4. Todos los autores son responsables del contenido del artículo.
5. Todos los autores manifiestan tácita o explícitamente si hubo o no, conflicto de intereses.
6. Si el trabajo incluye gráficos, tablas, o grandes secciones de texto que se han publicado anteriormente, el/los autor/es han obtenido el permiso escrito del propietario del copyright original para reproducir estas partes de artículos en el manuscrito actual, tanto en línea como en la publicación impresa de la revista.
7. Se detallan todas las fuentes de financiamiento.
8. La redacción de los resúmenes en el idioma que ha sido redactado el artículo y en idioma inglés, con palabras clave y con una extensión

que no supere lo señalado en las políticas de secciones para cada tipo de artículo.

9. Se ha cumplimentado el listado de verificación antes del envío del material.

Una vez recibidos, los manuscritos serán sometidos a un proceso de revisión, arbitraje y dictamen, siendo enviados a un Editor Asociado quien a su vez seleccionará dos revisores especialistas en la temática del manuscrito. El proceso de dictamen de los pares revisores guarda estrictamente el anonimato de los mismos.

### NORMAS DE AUTOR

#### Normas éticas

Las Normas éticas para la publicación existen para asegurar publicaciones científicas de alta calidad; que los autores reciban crédito por sus ideas; y para garantizar la confianza del público en los hallazgos científicos. La *Asociación Herpetológica Argentina* es Miembro de Publication Integrity & Ethics (PIE) y se rige por sus guías y códigos de conducta adhiriendo a sus directrices sobre prácticas idóneas (<http://www.integrity-ethics.com/>).

CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA se ha comprometido a publicar material sólo original, es decir, material que no ha sido publicado, ni está bajo revisión en otros sitios o revistas. Todos los autores del manuscrito deben haber realizado una importante contribución científica a la investigación mencionada en el trabajo y haberlo aprobado tácitamente. Los manuscritos que hayan fabricado o falsificado resultados (incluyendo la manipulación de imágenes y figuras) y los manuscritos que se consideren haber sido plagiados de manuscritos de otros autores (publicados o no publicados) incurrirán en sanciones. Las sanciones incluyen (i) Rechazo inmediato del manuscrito. (ii) Rechazo inmediato de todo otro manuscrito sometido a la revista por alguno de los autores del manuscrito infractor. (iii) Prohibición para todos los autores a nuevas presentaciones a la CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA, ya sea individualmente o en combinación con otros autores del manuscrito infractor, así como en combinación con cualquier otro autor. Esta prohibición se impondrá durante un mínimo de 2 años.

#### El proceso de revisión y dictamen

El proceso de revisión y dictamen contempla 4 etapas principales correlativas: 1) evaluación preliminar del tema, la calidad y la presentación del manuscrito (a

cargo del Director/Editor); 2) evaluación del contenido del manuscrito a cargo de 2 árbitros externos y del Editor Asociado; 3) dictamen de los árbitros y del Editor Asociado indicando que el trabajo ha sido: (i) rechazado sin opciones de enviarlo nuevamente; (ii) evaluado con correcciones mayores que permitirá la revisión de las mismas por los autores que podrán reenviar el manuscrito corregido para una nueva ronda de revisión; (iii) evaluado con cambios menores que deberán ser incorporados por los autores antes de la aceptación definitiva del artículo y (iv) aceptado sin cambios. El/los autores será/n informado/s –en un plazo estimado de 4 semanas– sobre los resultados de la evaluación y los pasos a seguir en caso de que el manuscrito sea evaluado con correcciones o aceptado para su publicación.

### ASPECTOS GENERALES EN LA PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

**MANUSCRITO.**– Preferiblemente el manuscrito consistirá de un archivo incluyendo el texto, en formato Word o RTF. Las imágenes se enviarán en archivos independientes con formato JPG; durante el proceso de revisión se aceptarán gráficos de menor calidad. Si el trabajo es aceptado, deberá enviarse los gráficos en buena calidad, en formatos JPG. Los manuscritos deberán ser redactados a doble espacio, dejando márgenes amplios y numerando tanto las páginas como las líneas de texto en forma continua a partir del resumen y hasta las leyendas de tablas y figuras (sin reiniciar la numeración en cada página). Se debe dejar sangría al comienzo de cada párrafo. No separar párrafos entre sí con espacios extras. Los nombres científicos deben ir en itálica, los grupos taxonómicos (Ejemplo; Squamata: Teiidae) y referencias geográficas con la primera letra en mayúscula. Los títulos deben ir solamente con la primera letra en mayúscula y sobre el margen izquierdo, los subtítulos en minúscula y negrita sobre el margen izquierdo. La primera página debe indicar: **1)** Título completo con la primera letra en mayúsculas y el resto en minúsculas; **2)** Nombre completo de los autores (Nombre y Apellido consecutivamente) sólo con mayúsculas la primera letra del nombre y del apellido con superíndice numérico para indicar la dirección; **3)** Direcciones de los autores incluyendo una dirección de correo electrónico solamente para el autor para la correspondencia; **4)** Nombre del o los autores abreviado para encabezado de página (si es uno o dos nombres indicar inicial y apellido en ma-

yúscula; si son tres o más indicar la inicial del primer nombre y el apellido del primer autor en mayúscula seguido de *et al.*) seguido del Título abreviado (no más de cuarenta caracteres contando los espacios).

Los **TRABAJOS** deben estructurarse de la siguiente manera: Título, Autor o Autores, Resumen, Abstract, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados (pudiendo ser Resultados y Discusión, o Resultados, Discusión y Conclusiones), Agradecimientos (opcional), Literatura Citada, Leyendas de Tablas y Figuras y Tablas y Figuras (ambas con la numeración correspondiente a las leyendas).

Los **PUNTOS DE VISTA** pueden estructurarse de la misma manera que los Trabajos aunque queda a consideración del/los autor/es organizar el manuscrito de otra manera incluyendo otras secciones o excluyendo algunas salvo el Resumen, los Agradecimientos y la Literatura citada que deben tener el formato indicado más abajo.

Las **NOTAS** no deben dividirse en secciones, salvo el Abstract, los Agradecimientos y la Literatura citada que deben tener el formato indicado más abajo.

**Título:** Debe ser breve, autoexplicativo.

**Resumen:** Debe ser conciso, describiendo los principales resultados y las conclusiones; deben evitarse las citas bibliográficas. La extensión no debe superar las 300 palabras para Trabajos y Puntos de Vista. Se redactará en el idioma en que se escribió todo el manuscrito.

**Palabras clave:** hasta cinco y preferentemente que no figuren en el título. Cada una debe ir en mayúsculas y separadas por punto y coma.

**Abstract:** Debe ser redactado en idioma inglés. Debe llevar el mismo contenido y extensión que el Resumen para los Trabajos y Puntos de Vista y 150 palabras para las Notas. Antes del texto deberá llevar el título del manuscrito traducido al idioma inglés. Si el manuscrito ha sido redactado en idioma inglés los autores podrán optar por un resumen en los otros idiomas aceptados (castellano o portugués). Esta opción no se aplica en el caso de las Notas.

**Key words:** Debe llevar el mismo contenido que las Palabras clave pero en idioma inglés.

**Referencias bibliográficas en el texto:** el formato a

seguir será: Apellido del/los autor/es en mayúsculas y minúsculas con el año separado por una coma y todo entre paréntesis. Cuando se trate de dos autores, ambos apellidos estarán separados por “y”. Ejemplo: (Reig y Limeses, 1963). Cuando sean más de dos autores, debe indicarse el apellido del primero seguido de “*et al.*”. Ejemplo: (Reig *et al.*, 1990). En el texto, las listas de autores deben ordenarse cronológicamente (separados por “;”).

**Agradecimientos:** deben ser breves e incluir las fuentes de financiamiento si las hubiere. Si el estudio requiere de permisos legales el organismo que otorgó los permisos debe indicarse y la identificación del permiso si existiere (números o códigos). Las referencias personales deben indicarse con el Apellido y la inicial del primer nombre solamente.

**Literatura citada:** Los autores deberán ser cuidadosos de agregar en la literatura citada todos los trabajos indicados en el texto y viceversa. Debe estar en orden alfabético, sin números. El o los apellidos deben escribirse con mayúsculas y minúsculas. Para las publicaciones periódicas el formato a seguir será: en primer lugar el apellido del primer autor, coma, seguido por las iniciales de su nombre seguidas por un punto y sin espacios entre las iniciales; luego el apellido del siguiente autor seguido por las iniciales de los nombres; los autores se separan con puntos y comas y el último con “&”. Luego del último autor punto, año de publicación, punto, título del artículo, punto, nombre completo de la revista en itálica, volumen, dos puntos y páginas separadas por un guión. El nombre de la revista se escribe completo y en itálica. Ejemplo:

Vega, L.E.; Chañi, J.M. & Trivi de Mandri, M. 1988. Observations on the feeding habits of *Ameiva ameiva* (Sauria: Teiidae). *Herpetological Review* 19: 53-54.

Los libros o publicaciones no periódicas seguirán el siguiente formato: Autor, año. Título. Editor y/o editorial. Ciudad de edición. Ejemplo:

Pisanó, A. & Barbieri, F.D. 1977. Anatomía Comparada de los Vertebrados. Eudeba. Buenos Aires.

Si es capítulo de libro debe ir: Autor. Año. Título del capítulo: páginas del capítulo. «En:» Editor/es seguido de (ed/s.), Título del libro. Editorial, Ciudad de edición. Ejemplo:

# CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA

VOLUMEN 29 - NUMERO 2 - SEPTIEMBRE 2015

[ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cuadherpetol/](http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cuadherpetol/)

VOLUMEN 29 - NUMERO 2

## Trabajos

Anfibios de las Sierras Pampeanas Centrales de Argentina: diversidad y distribución altitudinal  
Julián N. Lescano, Javier Nori, Ernesto Verga, Facundo Robino, Andrea Bonino, Daniela Miloch, Natalia Ríos, Gerardo C. Leynaud 103

Tadpole morphology of *Leptodactylus plaumanni* (Anura: Leptodactylidae), with comments on the phylogenetic significance of larval characters in *Leptodactylus*  
Jimena R. Grosso 117

Diversity and conservation status of the herpetofauna for an area from north of Hidalgo, Mexico  
Luis M. Badillo-Saldaña, Aurelio Ramírez-Bautista, Daniel Lara-Tufiño, Christian Berriozabal- Islas 131

## Puntos de Vista

La Morfología Comparada: el despertar de la Bella Durmiente  
Virginia Abdala 141

Políticas científicas, optimalidad y sistemas complejos  
Ricardo Montero 151

## Novedades zoogeográficas

Ampliación del área de distribución de *Liolaemus carlosgarini* (Esquerré, Nuñez & Scolaro, 2013) en la Reserva Nacional Altos de Lircay (Chile)  
Gustavo A. Escobar Huerta, Gabriel A. Ormazábal, Romina I. Carvajal, Juan C. Ortiz 155

Ampliación del rango de distribución de *Atractus depressiocellus* Myers, 2003 (Serpentes: Dipsadidae), para Colombia  
Jonard D. Echavarría-Rentería, Vanessa Mosquera-Moya, Jhon T. Rengifo-Mosquera 157

Primer registro de *Bolitoglossa mexicana* (Dumeril, Bibron & Dumeril, 1854) (Caudata: Plethodontidae) en El Salvador  
Emanuel S. Morán Hidalgo, Néstor E. Ruballo, Roberto A. Vásquez 161

Presencia de *Stenocercus azureus* Müller, 1880 (Squamata: Iguania) en la República Argentina  
Eduardo Etchepare, Dionel Aguiar, Soledad Palomas, Alejandro Giraudo, Julian Alonso 163

*Leptodactylus bufonius* (Boulenger, 1894) (Anura, Leptodactylidae). Ampliación del rango de distribución para la provincia de San Juan (República Argentina)  
Eduardo Sanabria, Cristina Vergara, Paula Wetten, Juan Aragón-Traverso, Exequiel González 167

Registro de un ejemplar de *Trachemys scripta elegans* (Wied 1839) en la provincia de Jujuy, Argentina  
María Fernanda Quiroga, Noelia González Baffa Trasci, Mauricio S. Akmentins 169

*Homonota fasciata* Duméril & Bibron, 1836 (Squamata: Phyllodactylidae): nuevo registro para el noreste del departamento de Potosí, Bolivia  
Patricia Mendoza M., Luis R. Rivas T., Arturo Muñoz S. 171

*Contomastix serrana* (Ceí & Martori, 1991). Primer registro para la provincia del Chaco (República Argentina)  
José Luis Acosta, Eduardo Etchepare, Federico Arias, Soledad Palomas, Fernanda Abreliano 173



con el apoyo  
editorial de



Revista de la Asociación Herpetológica Argentina

Indizada en:

Zoological Record, Directory of Open Journals, Latindex, Periódica, Ebsco, Academic Journal Database, Biblat, e-REVISTAS, Cite Factor, Universal Impact Factor, Sedici, InfoBase Index.