

Estado y prioridades de conservación de los anfibios del departamento del Quindío, Colombia

D. A. Gómez–Hoyos, C. A. Ríos–Franco, J. Vanegas–Guerrero, J. A. Velasco, J. F. González–Maya

Gómez–Hoyos, D. A., Ríos–Franco, C. A., Vanegas–Guerrero, J., Velasco, J. A., González–Maya, J. F., 2017. Estado y prioridades de conservación de los anfibios del departamento del Quindío, Colombia. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 15: 207–223.

Abstract

Conservation status and priorities of amphibians from the Quindio Department, Colombia.— We reviewed the conservation status and priorities for amphibians from the Quindio region of Colombia, with the purpose of proposing conservation actions. We modeled the potential distribution of threatened species using the maximum entropy algorithm in MaxEnt and evaluated representability in the Departmental System of Protected Areas for Quindio (Spanish acronym: SIDAPQ). We prioritized areas for amphibian conservation using the algorithm *ILV4 adjacency* in ConsNet. We recorded 45 species, 24.4% of which are included in threatened categories on the IUCN Red List. Over 50% of the distribution and records of the threatened amphibians occurred inside the SIDAPQ. Prioritized areas to achieve representation goals of 10%, 20% and 30% of amphibian distribution are highly fragmented and have only approximately 30% of prioritized distribution in the SIDAPQ. Considering this scenario we propose a conservation strategy on the landscape level that includes agroecosystems, maintaining their heterogeneity and eliminating or mitigating threat factors.

Key words: Amphibians, Central Andes, Colombia, Protected Areas

Resumen

Estado y prioridades de conservación de los anfibios del departamento del Quindío, Colombia.— En este artículo presentamos una evaluación del estado y prioridades de conservación de los anfibios en el Quindío con el objetivo de proponer acciones para su conservación. Generamos una lista de especies de anfibios del departamento, modelamos la distribución potencial de las especies amenazadas con el algoritmo de máxima entropía de MaxEnt y evaluamos su representatividad en el Sistema Departamental de Áreas Protegidas del Quindío (SIDAPQ). Además, priorizamos las áreas para la conservación de los anfibios con el algoritmo *ILV4 adjacency* de ConsNet. Registramos 45 especies de anfibios, el 24,4% de las cuales se encuentran incluidas en alguna categoría de amenaza de la Lista Roja de la UICN. Los anfibios amenazados presentaron una distribución y unos registros superiores al 50% dentro del SIDAPQ. Las áreas priorizadas para alcanzar los objetivos de representatividad del 10%, 20% y 30% de la distribución de los anfibios están altamente

fragmentadas y sólo tienen el 30% de la distribución priorizada en el SIDAPQ. Ante este escenario, proponemos una estrategia de conservación de carácter paisajístico que incluya los agroecosistemas, tratando de mantener su heterogeneidad y eliminando o mitigando los factores de amenaza.

Palabras clave: Anfibios, Áreas protegidas, Andes centrales, Colombia

Resum

Estat i prioritats de conservació dels amfibis del departament del Quindío, Colòmbia.— En aquest article presentem una avaluació de l'estat i les prioritats de conservació dels amfibis al Quindío amb l'objectiu de proposar accions per conservar-los. Vam generar una llista d'espècies d'amfibis del departament, vam modelar la distribució potencial de les espècies amenaçades amb l'algoritme de màxima entropia de MaxEnt i en vam avaluar la representativitat en el Sistema Departamental d'Àrees Protegides del Quindío (SIDAPQ). A més a més, vam prioritzar les àrees per a la conservació dels amfibis amb l'algoritme *ILV4 adjacency* de ConsNet. Vam registrar 45 espècies d'amfibis, el 24,4% de les quals es troben incloses en alguna categoria d'amenaça de la Llista Vermella de la UICN. Els amfibis amenaçats van presentar una distribució i uns registres superiors al 50% dins del SIDAPQ. Les àrees prioritzades per assolir metes de representativitat del 10%, 20% i 30% de la distribució dels amfibis estan totalment fragmentades i només tenen el 30% de la distribució prioritzada al SIDAPQ. Davant d'aquest escenari, proposem una estratègia de conservació de caràcter paisatgístic que inclogui els agroecosistemes, tractant de mantenir-ne l'heterogeneïtat i eliminant-ne o disminuint-ne els factors d'amenaça.

Paraules clau: Amfibis, Àrees protegides, Andes centrals, Colòmbia

Received: 04/11/16; Conditional acceptance: 04/04/17; Final acceptance: 27/07/17

Diego A. Gómez–Hoyos & José F. González–Maya, ProCAT Internacional/Fundación Sierra to Sea, Las Alturas, Puntarenas, Costa Rica. Diego A. Gómez–Hoyos, Centro de Investigación Bioclimática y Sistemas Sostenibles, San José, Costa Rica.— Carlos A. Ríos–Franco, Wildlife Conservation Society, Programa Colombia, Avenida 5 Norte #22N–11, Cali, Colombia.— Jhonattan Vanegas–Guerrero, Grupo de Herpetología de la Universidad del Quindío (GHUQ), Armenia, Quindío, Colombia / Red mesoHerp.— Julián A. Velasco, Depto. de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa –CUC, Univ. de Guadalajara, C. P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

Corresponding author. Diego A. Gómez–Hoyos. E–mail: dgomez@procat-conservation.org

Introducción

La priorización de áreas para la conservación y planificación sistemática de la conservación es una herramienta fundamental para proponer tareas de conservación que incluyan muestras representativas de la biodiversidad (Margules & Pressey, 2000; Sewall et al., 2011). A pesar de los múltiples esfuerzos realizados en todo el mundo, aún existen importantes vacíos de información a escala nacional y regional (González–Maya et al., 2015), lo que dificulta la conservación de elementos únicos de la biodiversidad a múltiples escalas (Rondinini et al., 2011).

Aunque las áreas tropicales albergan la mayor proporción de elementos de la biodiversidad, la mayoría de países ubicados en el Neotrópico no cuentan con esfuerzos sistemáticos de planificación para asegurar muestras significativas de su biodiversidad. Colombia se

considera uno de los países con mayor diversidad biológica (Le Saout et al., 2013; Myers et al., 2000; Reid, 1998), pero cuenta con pocos esfuerzos sistemáticos para evaluar y definir prioridades de conservación que aseguren muestras representativas de su biodiversidad (Forero–Medina & Joppa, 2010), siendo estas aún más escasas a escalas regional y local.

Con 800 especies descritas hasta el momento, Colombia es uno de los países con mayor diversidad de anfibios del mundo (Frost, 2016), con el 10% aproximadamente del total mundial. La mayor parte se concentran en la región Andina, en particular en los Andes centrales (Lynch et al., 1997; Bernal & Lynch, 2008). A pesar de esta alta diversidad potencial de los Andes centrales, aún son escasos los trabajos que documentan los patrones de biodiversidad en algunos departamentos de esta región (Arbeláez–Cortés, 2013), en especial respecto a la planificación de su conservación.

Los antecedentes sobre el estudio de la anfibiofauna en el departamento del Quindío se restringen en listados generales (Ruiz–Carranza et al., 1996; Lynch, 1999a; Acosta–Galvis, 2000) que provienen principalmente de estudios taxonómicos (Lynch, 1991, 1997; Ruiz–Carranza & Lynch, 1991, 1995; Lynch et al., 1996; Ruiz–Carranza & Osorno–Muñoz, 1994; Roa–Trujillo & Ruiz–Carranza, 1991; Grant, 2007) y en algunas publicaciones sobre historia natural, distribución y ecología (Cadavid et al., 2005; Gómez–Hoyos et al., 2012b, 2012b, 2014b; Hoyos–Hoyos et al., 2012; Vanegas–Guerrero & Fernández–Roldan, 2014; Buitrago–González et al., 2016; Vanegas–Guerrero et al., 2016). El escaso conocimiento de los patrones de diversidad y distribución de los anfibios constituye un obstáculo para evaluar su estado de conservación, asegurar su representatividad dentro del sistema departamental de áreas protegidas del Quindío (SIDAPQ) y dirigir acciones concretas de conservación. Esta información es pertinente para diseñar un plan de acción para la conservación de anfibios en el departamento, por lo que aquí se documenta la riqueza de anfibios del departamento del Quindío y se evalúan su estado y prioridades de conservación.

En este estudio presentamos una lista actualizada de la fauna anfibia del departamento del Quindío y sus patrones de distribución. Además, con el objetivo de proponer acciones de conservación, presentamos las especies de anfibios amenazados y su representatividad en el SIDAPQ, así como las áreas prioritarias para la conservación de los anfibios del departamento de acuerdo con objetivos de representatividad de su distribución en el contexto del sistema departamental de áreas protegidas.

Material y métodos

Área de estudio

El departamento del Quindío está localizado en la vertiente occidental de los Andes Centrales de Colombia, entre 4° 04'–4° 44' N y 75° 52' y 75° 24' W (Maya & Agudelo, 2010). Posee una extensión de 196.183 ha, el 37,9% de las cuales está constituido por bosques maduros y secundarios altamente intervenidos y fragmentados, en una matriz dominada por cultivos y pastizales. La orografía del Quindío se caracteriza por la amplia diferencia altitudinal que comprende su territorio. Su parte más baja comienza desde los 950 m s.n.m. a lo largo del río La Vieja, en el municipio de La Tebaida, hasta los 4.750 m s.n.m. en el Paramillo del Quindío, Salento (Arbeláez–Cortés et al., 2011). La temperatura y precipitación media anual varían en los límites del gradiente altitudinal, de 24°C y 1.500 mm/año a 3,75°C y 4.700 mm/año, en los límites inferior y superior respectivamente (Arbeláez–Cortés et al., 2011).

Lista de especies

Para generar la lista de especies del departamento del Quindío se consultaron el material depositado en las colecciones herpetológicas del Instituto de Ciencias Naturales de la

Universidad Nacional de Colombia y la colección de herpetología de la Universidad del Quindío. El material revisado comprende registros desde 1977 hasta 2015, con los últimos registros de todas las especies comprendidos entre los años 2003 y 2015, a excepción de seis especies que sólo cuentan con registros históricos. Además, se utilizó información proveniente de la literatura científica, notas de campo de herpetólogos y colecciones de historia natural disponibles en línea (VertNet; Guralnick & Constable, 2010). Los registros de anfibios utilizados en este estudio ya contaban con coordenadas geográficas y se corroboró que la descripción de las localidades coincidiera con su ubicación georreferenciada. Los registros que presentaron problemas taxonómicos o ambigüedad en cuanto a su ubicación geográfica precisa fueron omitidos del análisis.

Representatividad en áreas protegidas

La representatividad de los anfibios se evaluó para las especies en alguna categoría de amenaza de la IUCN (V. Vulnerable; EN. En peligro; CR. Críticamente amenazado; IUCN, 2015). La representatividad en el SIDAPQ de las especies con más de 10 registros independientes se evaluó generando mapas de distribución potencial mediante herramientas de modelamiento de nicho ecológico (Franklin, 2010; Peterson et al., 2011). Para las especies con menos de 10 registros independientes georreferenciados, se evaluó su representatividad como la proporción de registros dentro del SIDAPQ respecto al total de registros, debido a la imposibilidad de modelar su distribución.

La distribución geográfica potencial se generó a través del algoritmo de máxima entropía implementado en el software MaxEnt versión 3.3.3 (Phillips et al., 2006). MaxEnt estima la probabilidad de distribución geográfica de una especie de acuerdo con sus requerimientos de hábitat como una función de variables ambientales (Phillips et al., 2006). El modelamiento de máxima entropía es un método ampliamente usado para estimar la distribución potencial de especies contando únicamente con datos de presencia (Phillips et al., 2006).

Utilizamos 14 variables ambientales para modelar la distribución potencial de las especies, variables que fueron obtenidas de la base de datos de WorldClim (Hijmans et al., 2005; <http://www.worldclim.org>) que incluye una capa espacial de elevación DEM (Digital Elevation Model) y 13 capas bioclimáticas. Estas capas fueron cortadas en el mismo límite geográfico (departamento del Quindío) en el software ArcGIS (ESRI, 2011).

El desempeño de los modelos se evaluó usando la métrica de área por debajo de la curva AUC (Fielding & Bell, 1997; Peterson et al., 2011). Cada mapa continuo de distribución potencial fue convertido a un mapa binario (presencia–ausencia) usando un umbral donde cada registro usado para calibrar el modelo fuera incluido (umbral de menor omisión; Peterson et al., 2008). Debido a que estas especies tienen baja tolerancia a la perturbación antrópica o son exclusivas de áreas de bosque (IUCN, 2015), se efectuó un cruce de cada mapa de distribución potencial binario con un mapa de coberturas naturales y se eliminaron aquellas celdas de presencia que coincidían con áreas muy transformadas (p. ej., centros poblados). Estos mapas finales fueron usados como áreas de distribución potencial de las especies en el departamento del Quindío. La distribución predicha fue utilizada para determinar la representatividad de las especies amenazadas dentro del SIDAPQ.

Priorización de áreas para la conservación

La priorización de áreas para la conservación de los anfibios del Quindío se realizó a partir del análisis de la distribución de 40 especies. La distribución de dichas especies fue obtenida de los modelos de nicho, así como de la base de datos de distribución de la IUCN (2015).

La priorización de áreas se realizó dividiendo la región de estudio en celdas de 500 x 500 m (0,25 km²). Se calculó el centroide de cada celda y los datos de distribución de anfibios fueron intersectados, reduciendo los registros de especies en la misma celda a un punto de ocurrencia. La selección de áreas prioritarias fue realizada con el programa

ConsNet (Ciarleglio et al., 2009), que contiene un algoritmo metaheurístico que permite buscar redes de áreas de conservación usando múltiples criterios. De esta manera, se priorizan áreas que permitan alcanzar objetivos de representación de los sustitutos de la biodiversidad (Ciarleglio et al., 2009).

Se determinó el número de celdas requeridas para representar el 10%, 20% y 30% del rango geográfico de todas las especies utilizando el algoritmo *ILV4 adjacency* implementado en ConsNet, que prioriza celdas de áreas continuas (p. ej., sistema conectado), así como las especies más raras y menos representadas de acuerdo con la base de datos de distribución de especies recopilada. Además, a través de la función *Costs* de ConsNet se incluyó en el criterio de selección de áreas del algoritmo la priorización de las celdas que coincidieran con la distribución de especies en alguna categoría de amenaza (IUCN, 2015: VU. Vulnerable; EN. En peligro; CR. Críticamente amenazado) y las áreas relictuales de bosque según una capa de coberturas a escala 1:10.000 del departamento del Quindío (IGAC, 2010).

Resultados

El departamento del Quindío alberga 45 especies de anfibios, agrupados en nueve familias y 21 géneros (tabla 1). Esto equivale al ~6% de los anfibios presentes en Colombia. La familia Craugastoridae cuenta con la mayor diversidad, con 19 especies agrupadas en cuatro géneros, y en particular, el género *Pristimantis* con una riqueza de 16 especies (35,55%). Le siguen Centrolenidae, con siete especies (15,55%), y Bufonidae y Dendrobatidae, cada una con cuatro especies (tabla 1). Dentro de los anfibios registrados para el departamento se encontraron 26 especies que son endémicas para Colombia (tabla 1), así como dos especies (*Rhinella* sp. y *Microcaecilia* sp.) posiblemente nuevas (J. D. Lynch, com. pers.).

La mayor riqueza de anfibios se concentra en el centro-norte del departamento, que comprende las latitudes mayores y longitudes intermedias de la extensión geográfica del Quindío (fig. 1). La concentración de especies coincide con el bloque de áreas protegidas más grande del departamento, principalmente representadas por el Distrito Regional de Manejo Integrado de la cuenca del río Quindío y el Distrito de Conservación de Suelos Barbas–Bremen (fig. 2), ambas áreas protegidas compuestas principalmente por propiedades privadas.

Representatividad en áreas protegidas

Se identificaron 11 especies de anfibios con alguna categoría de amenaza y con distribución dentro del departamento del Quindío (tablas 1, 2), lo que corresponde al 24,4% de las especies para el departamento. Se registraron a su vez dos especies en peligro crítico, tres especies en peligro y seis vulnerables (tabla 2).

Entre las especies amenazadas, sólo *Andinobates bombetes* y *Centrolene savagei* contaron con suficientes registros para modelar su distribución potencial. En general, la predicción de la distribución potencial para estas especies tuvo buen desempeño. De acuerdo con los valores del AUC, el desempeño de los modelos fue de 97,5% para *C. savagei* y 97,6% para *A. bombetes* (tabla 2). Las variables bioclimáticas que más contribuyen a la predicción de la distribución de ambas especies fueron la precipitación anual (Bio 12) y la precipitación del mes más húmedo (Bio 13; tabla 2).

El hábitat idóneo de los anfibios amenazados estuvo bien representado en el SIDAPQ (fig. 3). Para *A. bombetes* y *C. savagei*, siendo su distribución potencial dentro de las áreas protegidas del 64,75% y el 58,25%, respectivamente (tabla 2, figs. 3A, 3B). La mayor área de distribución de estas especies se incluye dentro de los límites del Distrito de Conservación de Suelos Barbas–Bremen y el Distrito de Manejo Integrado de la Cuenca del río Quindío. Para las demás especies, la proporción de los registros dentro de áreas

Tabla 1. Lista de las especies de anfibios registrados en el departamento del Quindío, Andes Centrales de Colombia. Categoría de amenaza (CA) según la Lista Roja de Especies amenazadas (IUCN, 2015): LC. Preocupación menor; NT. Casi amenazada; VU. Vulnerable; EN. En peligro; NE. No evaluada; * Especies endémicas para Colombia. (La elevación está basada en los registros del departamento.)

Table 1. List of amphibian species recorded in the Department of Quindío, Central Andes of Colombia. Threat categories (CA) in accordance with the Red List of Threatened Species (IUCN, 2015): LC. Least concern; NT. Near threatened; VU. Vulnerable; EN. Endangered; NE. Not evaluated; * Species endemic to Colombia. (Elevation is based on department records.)

Taxon	CA	Elevación (m s.n.m.)
Bufonidae		
<i>Atelopus quimbaya</i> Ruiz–Carranza y Osorno–Muñoz, 1994*	CR	2.600–2.900
<i>Osornophryne percrassa</i> Ruiz–Carranza y Hernández–Camacho, 1976*	EN	2.700–3.700
<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)	LC	950–1.700
<i>Rhinella</i> sp.		1.800–2.000
Centrolenidae		
<i>Centrolene geckoideum</i> Jiménez de la Espada, 1872	VU	1.750–2.500
<i>Centrolene quindianum</i> Ruiz–Carranza and Lynch, 1995*	VU	1.900–2.050
<i>Centrolene savagei</i> Ruiz–Carranza & Lynch, 1991*	VU	1.400–2.410
<i>Espadarana prosoblepon</i> (Boettger, 1892)	LC	950–1.500
<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i> (Boettger, 1893)	LC	
<i>Nymphargus grandisonae</i> (Cochran and Goin, 1970)	LC	1.140–2.710
<i>Nymphargus griffithsi</i> (Goin, 1961)	VU	1.780–2.650
Craugastoridae		
<i>Hypodactylus mantipus</i> (Boulenger, 1908)*	LC	1.600–2.400
<i>Niceforonia adenobranchia</i> (Ardila–Robaya, Ruiz–Carranza and Barrera–Rodríguez, 1996)*	CR	3.100–3.400
<i>Pristimantis achatinus</i> (Boulenger, 1898)	LC	950–2.330
<i>Pristimantis alalocophus</i> (Roa–Trujillo and Ruiz–Carranza, 1991)*	NT	2.650–3.100
<i>Pristimantis boulengeri</i> (Lynch, 1981)*	LC	1.600–3.200
<i>Pristimantis brevifrons</i> (Lynch, 1981)*	LC	2.400–3.000
<i>Pristimantis erythropleura</i> (Boulenger, 1896)*	LC	980–2.600
<i>Pristimantis gracilis</i> (Lynch, 1986)*	VU	1.680–2.320
<i>Pristimantis palmeri</i> (Boulenger, 1912)*	LC	950–2.400
<i>Pristimantis permixtus</i> (Lynch, Ruiz–Carranza and Ardila–Robayo, 1994)*	LC	2.000–3.700
<i>Pristimantis piceus</i> (Lynch, Ruiz–Carranza and Ardila–Robayo, 1996)*	LC	2.540–3.400

Tabla 1. (Cont.)

Taxon	CA	Elevación (m s.n.m.)
<i>Pristimantis racemus</i> (Lynch, 1980)*	LC	3.000–3.570
<i>Pristimantis simoteriscus</i> (Lynch, Ruiz-Carranza and Ardila-Robayo, 1996)*	EN	3.600–3.700
<i>Pristimantis simoterus</i> (Lynch, 1980)*	NT	3.200–4.000
<i>Pristimantis taeniatus</i> (Boulenger, 1912)	LC	980–1.000
<i>Pristimantis thectopternus</i> (Lynch, 1965)*	LC	1.800–2.200
<i>Pristimantis uranobates</i> (Lynch, 1991)*	LC	2.250–3.600
<i>Pristimantis w-nigrum</i> (Boettger, 1892)	LC	1.300–2.000
<i>Strabomantis necopinus</i> (Lynch, 1997)*	VU	1.800–2.200
Dendrobatidae		
<i>Andinobates bombetes</i> (Myers & Daly 1980)*	EN	1.580–2.400
<i>Colostethus fraterdanieli</i> Silvestone, 1971*	NT	950–2.500
<i>Colostethus ucumari</i> Grant, 2007*	LC	2.100–2.500
<i>Hyloxalus abditaurentius</i> (Silverstone, 1975)*	LC	1.450–2.000
Hemiphractidae		
<i>Gastrotheca nicefori</i> Gaige, 1933	LC	1.700–2.000
Hylidae		
<i>Dendropsophus columbianus</i> (Boettger, 1892)*	LC	950–2.300
<i>Dendropsophus subocularis</i> (Dunn, 1934)	LC	1.000
<i>Colomascirtus larinopygion</i> (Duellman, 1973)	NT	1.950–3.100
Leptodactylidae		
<i>Leptodactylus colombiensis</i> Heyer, 1994	LC	950–1.200
<i>Leptodactylus fragilis</i> (Brocchi, 1877)	LC	950–1.200
<i>Leptodactylus insularum</i> Boulenger, 1898	LC	950–1.200
Plethodontidae		
<i>Bolitoglossa valleculea</i> Brame and Wake, 1963*	LC	2.210–3.000
Caeciliidae		
<i>Caecilia subnigricans</i> Dunn, 1942	LC	1.100
<i>Caecilia guntheri</i> Dunn, 1942	DD	1.600
<i>Microcaecilia</i> sp.		1.800

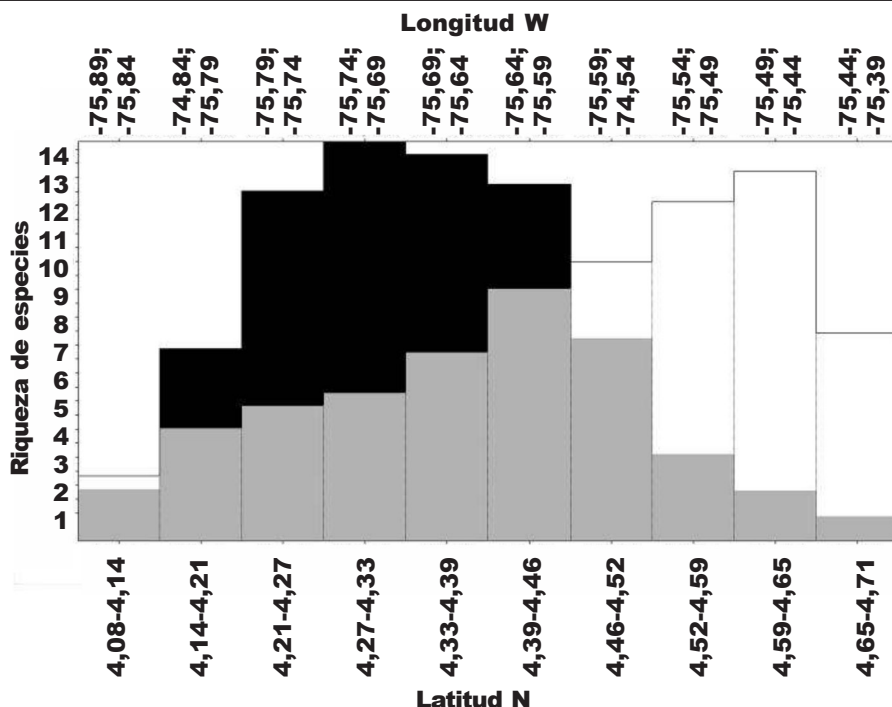


Fig. 1. Patrón espacial de distribución de la riqueza de anfibios en el departamento del Quindío, Colombia: barras blancas (latitud N); barras negras (longitud W).

Fig. 1. Spatial pattern of distribution of amphibian richness in the Departmental System of Protected Areas for Quindío, Colombia: white bars (N latitude); black bars (W longitude).

protegidas respecto al total de registros fue superior al 80%, excepto para *Centrolene geckoideum*, que no cuenta con registros en el SIDAPQ. Para estas especies los registros provienen de zonas de bosque altoandino y páramo, la cuenca del río Quindío y la zona norte del departamento (fig. 3C), lugares donde se encuentra la mayor concentración de áreas protegidas del mismo.

Priorización de áreas

Las áreas prioritarias para conservar el 10%, 20% y 30% de la distribución de los anfibios en el departamento del Quindío incluyen zonas de todo el departamento, especialmente en el Sur, Centro y Oriente entre los ~1.500 y ~3.800 m s.n.m. (fig. 4). Estas áreas priorizadas se encuentran fragmentadas y la mayoría están fuera del SIDAPQ. Las áreas que representan el 10% de la distribución de los anfibios incluyen el 34,12% en áreas protegidas (fig. 4A), así como el 30,67% y 32,36% de los objetivos de representación del 20% y 30% de la distribución de los anfibios (figs. 4B, 4C), respectivamente.

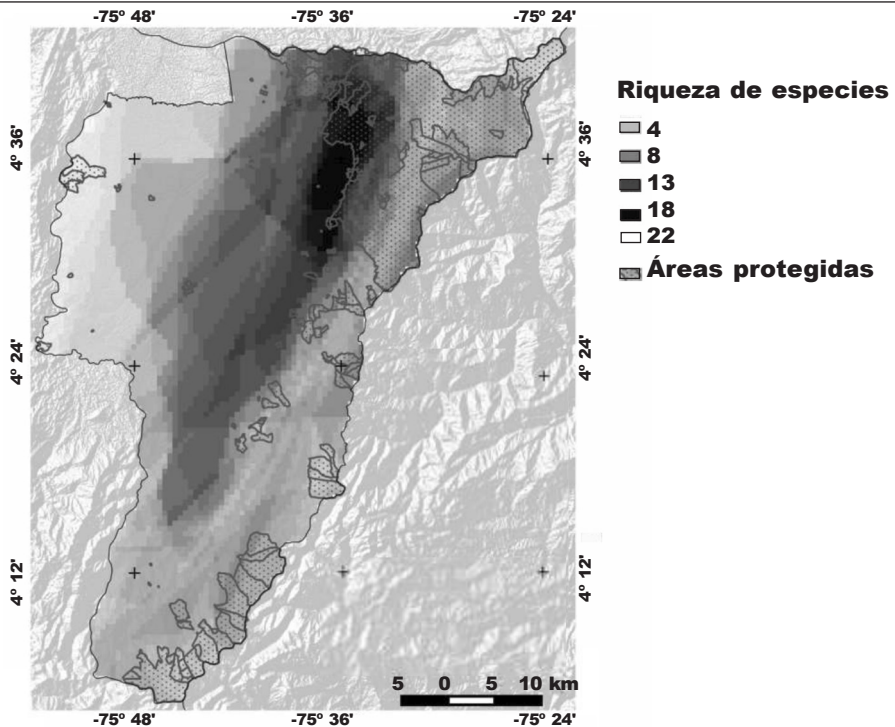


Fig. 2. Distribución de la riqueza de anfibios y su relación con el Sistema Departamental de Áreas Protegidas de Quindío, Colombia.

Fig. 2. Distribution of amphibian richness and its relation with the Departmental System of Protected Areas for Quindío, Colombia.

Discusión

Lista de especies

Las especies representantes del género *Pristimantis* y la familia Centrolenidae son los componentes más importantes de la riqueza de la anfibiofauna local. El patrón de riqueza de estos taxa está asociado a la región andina (Lynch et al., 1997), especialmente para el género *Pristimantis* que es el grupo dominante del noroccidente de América del Sur (Heinicke et al., 2007; Hedges et al., 2008). Este patrón de riqueza se repite en los departamentos de Tolima (Llano–Mejía et al., 2010) y Valle del Cauca (Castro–Herrera & Vargas–Salinas, 2008).

Estado de conservación

El escaso conocimiento de la diversidad y distribución de los anfibios en la región de los Andes Centrales (Arbeláez–Cortés, 2013), incluyendo el territorio del Quindío, dificulta el conocimiento de su estado y necesidades de conservación. Hasta el momento, la información disponible de la lista roja de la IUCN (2015) indica que el departamento alberga 11

Tabla 2. Representatividad de los anfibios amenazados en el Sistema Departamental de Áreas Protegidas del departamento del Quindío (SIDAPQ): * Representatividad de las especies basada en la distribución prevista por modelos de nicho; N. Número de registros; Cont. Contribución de variables (%); Rep. Representatividad SIDAPQ (%)
 Table 2. Representation of threatened amphibians in the Departmental System of Protected Areas for Quindío (SIDAPQ): * Representation of species based on the predicted distribution of niche models; N. Number of records; Cont. Variable contribution (%); Rep. Representative SIDAPQ (%).

Especie	N	AUC (%)	Cont (%)	Rep (%)
<i>Andinobates bombetes</i> *	39	97,6	Bio 12 (70,4)	64,75
			Bio 13 (20,5)	
<i>Centrolene savagei</i> *	31	97,5	Bio 12 (59,4)	58,25
			Bio 13 (28,7)	
<i>Centrolene geckoideum</i>	2	–	–	0
<i>Centrolene quindianum</i>	12	–	–	100
<i>Nymphargus griffithsi</i>	5	–	–	80
<i>Atelopus quimbaya</i>	8	–	–	87,5
<i>Osornophryne percrassa</i>	2	–	–	100
<i>Niceforonia adenobrachia</i>	1	–	–	100
<i>Pristimantis gracilis</i>	10	–	–	100
<i>Pristimantis simoteriscus</i>	2	–	–	100
<i>Strabomantis necopinus</i>	2	–	–	100

especies en alguna categoría de amenaza. A escala local, se han incluido *Strabomantis necopinus*, *Atelopus quimbaya* y *Andinobates bombetes* como especies focales y prioritarias para su conservación en el Sistema Regional de Áreas Protegidas del Eje Cafetero (Ríos, 2005). Además, para *A. bombetes* se ha planteado un plan de manejo (Marín–Gómez & Gómez–Hoyos, 2011) y se ha incluido junto a *C. quindianum* y *C. savagei* en programas de conservación en el Distrito de Conservación de Suelos (DCS) Barbas–Bremen (Suárez–Mayorga et al., 2016). Hay que destacar que el conocimiento sobre la distribución de las especies amenazadas en el departamento es escasa (Marín–Gómez & Gómez–Hoyos, 2011), lo que dificulta la toma de decisiones en las agendas locales y regionales de conservación.

En general, las especies amenazadas están bien representadas en el SIDAPQ, a excepción de *C. geckoideum*. Sin embargo, las categorías de conservación y manejo de las áreas protegidas que albergan estas especies permiten las actividades agropecuarias en su interior (Gómez–Hoyos et al., 2014c), lo que implica un desafío para la conservación de las especies restringidas a los bosques andinos u otros ecosistemas naturales (*Atelopus quimbaya*, *C. geckoideum*, *Centrolene quindianum*, *Nymphargus griffithsi*, *Osornophryne percrassa*, *Pristimantis simoteriscus*, *Strabomantis necopinus*), así como una oportunidad para estrategias de conservación y manejo de carácter paisajístico para especies con alguna tolerancia a la actividad antrópica (*A. bombetes*, *C. savagei*, *Niceforonia adenobrachia*, *Pristimantis gracilis*).

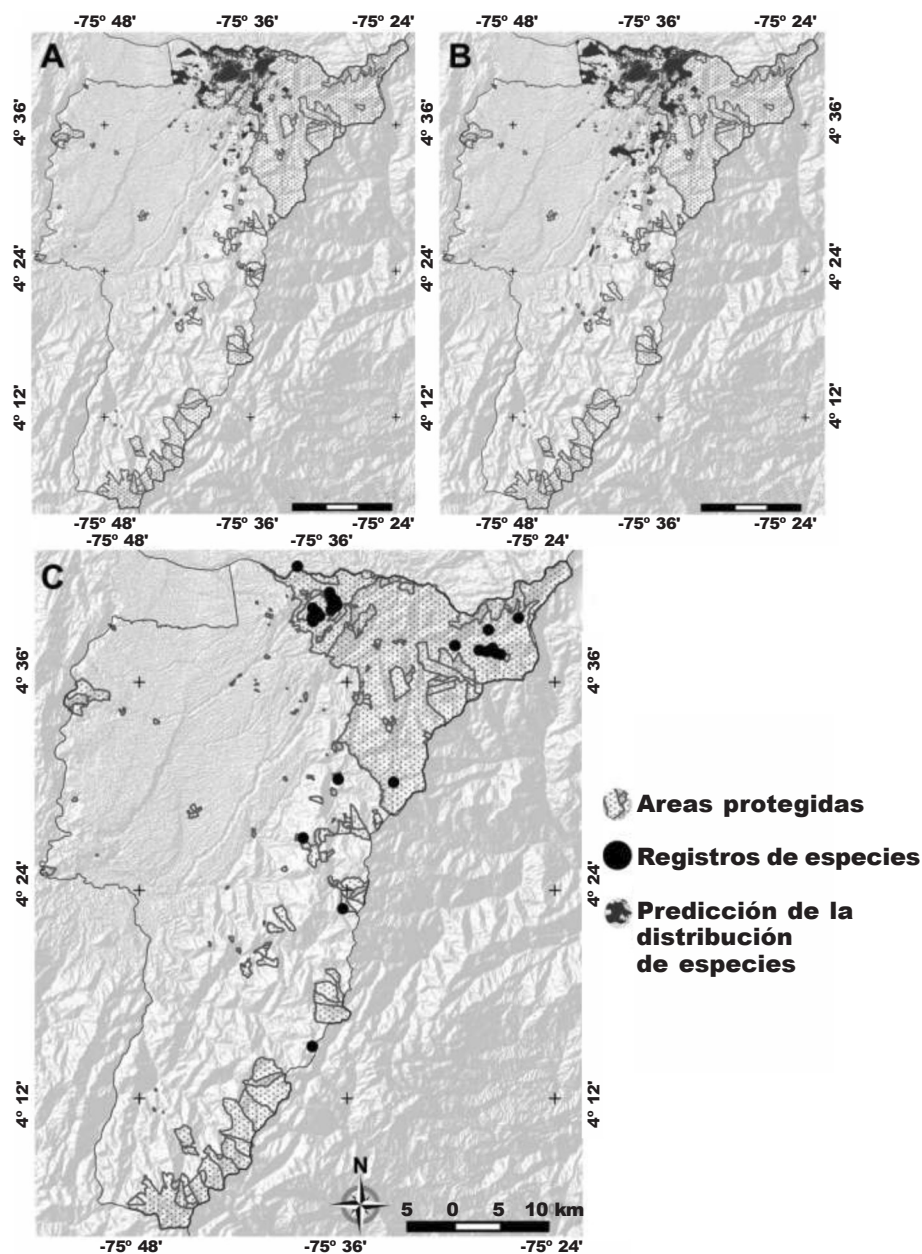


Fig. 3. Distribución de los anfibios amenazados en el Sistema Departamental de Áreas Protegidas del Quindío: A. Distribución potencial de *Andinobates bombetes*; B. Distribución potencial de *Centrolene savagei*; C. Registros de otras especies amenazadas. Fig. 3. Distribution of threatened amphibians in the Departmental System of Protected Areas for Quindío: A. Potential distribution of *Andinobates bombetes*; B. Potential distribution of *Centrolene savagei*; C. Records of other threatened species.

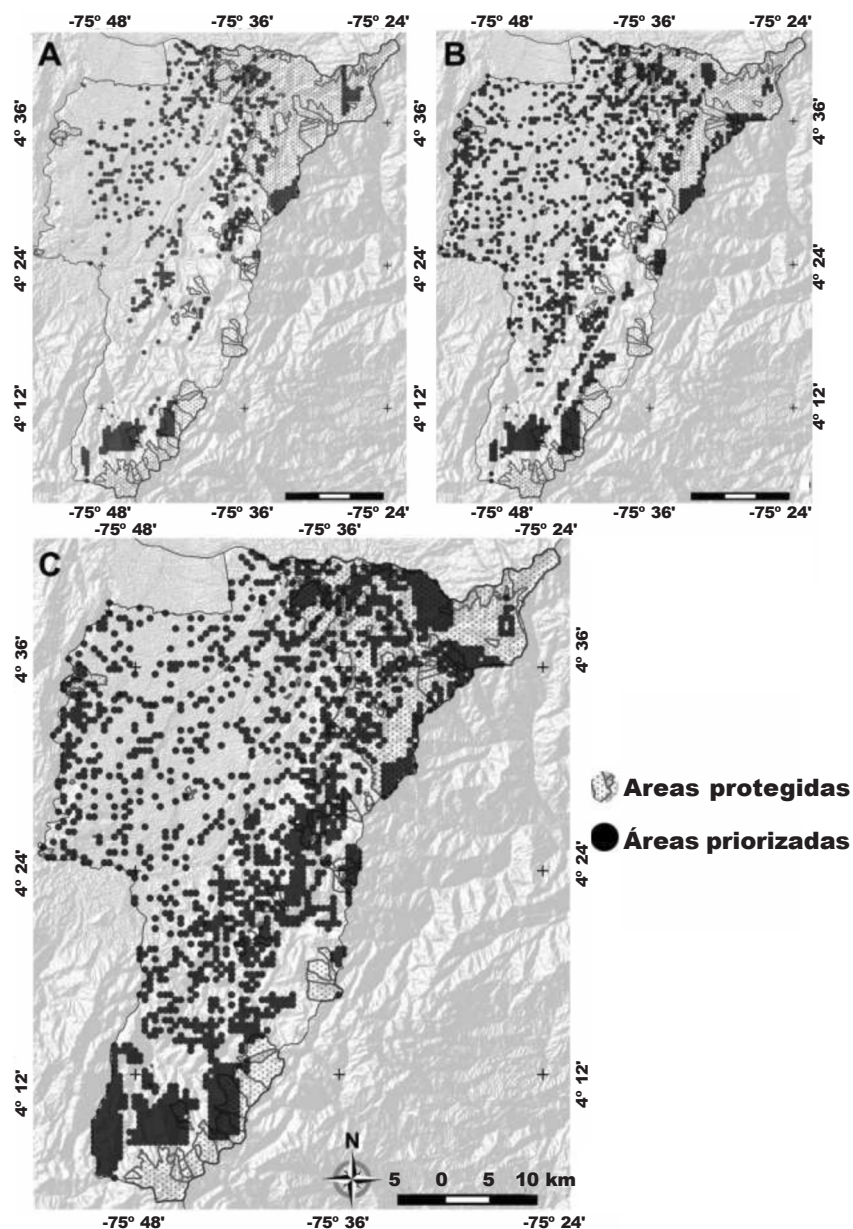


Fig. 4. Áreas priorizadas para la conservación de anfibios en el sistema departamental de áreas protegidas del Quindío. A. Objetivo de representación del 10% de la distribución de los anfibios; B. Objetivo de representación del 20%; C. Objetivo de representación del 30%.

Fig. 4. Prioritized regions for the conservation of amphibians in the Departmental System of Protected Areas for Quindío. A. Goal representation: 10% of the distribution of amphibians; B. Goal representation: 20%; C. Goal representation 30%.

Resaltamos la importancia de dirigir esfuerzos de investigación de campo a seis especies que sólo cuentan con registros históricos en el departamento del Quindío: *A. quimbaya*, *C. geckoideum*, *Colostethus ucumari*, *Hyloxalus abditaurantius*, *P. alalocophus* y *P. gracilis*. Es necesario confirmar el estado de conservación actual de estas especies, especialmente de las que tienen alguna categoría de amenaza, y determinar si se han extinguido localmente. Para la mayoría de estas especies no se han realizado esfuerzos de campo suficientes para determinar su estado actual, a excepción de *A. quimbaya* y *P. alalocophus* que se presumen extintas localmente (DAG–H & JAV, obs. pers.).

Priorización de áreas

En general, las áreas priorizadas para alcanzar los objetivos de representatividad del 10%, 20% y 30% de la distribución de los anfibios del Quindío están altamente fragmentadas y fuera del SIDAPQ. La mayor fragmentación de áreas priorizadas se observa en el occidente del departamento, el área de menor elevación. En esta zona se ha identificado que los ecosistemas presentan la menor conservación y la mayor fragmentación de todo el territorio del Quindío (Fundación Las Mellizas et al., 2012), lo que explica el patrón fragmentado de la priorización. Este panorama es preocupante para la conservación de los anfibios porque este nivel de fragmentación podría estar relacionado con una baja conectividad entre los ecosistemas y quizás con una baja viabilidad de las poblaciones conservadas de anfibios. Sin embargo, estos aspectos de ecología del paisaje deben ser prioridad en futuras investigaciones para apoyarlos con evidencia empírica. Ante esta situación se deben abordar estrategias de conservación de carácter paisajístico que incluyan los agroecosistemas, tratando de mantener su heterogeneidad y eliminando o mitigando los factores de amenaza (Fahrig, 2001).

El mayor nivel de adyacencia de las áreas priorizadas (p. ej., áreas más conectadas) se encuentra en el Sur, Norte y Noroccidente del departamento. Estas áreas están situadas parcialmente en el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) de la cuenca del río Quindío y de los páramos y bosques altoandinos del municipio de Génova, así como en el DCS Barbas–Bremen. Estos DRMI y el DCS también han sido identificados como importantes para la conservación de mamíferos amenazados en el Quindío (Gómez–Hoyos et al., 2014c) y para la conservación de las aves a escala mundial (Devenish et al., 2009). A pesar de su importancia para la conservación de la biodiversidad, estas áreas protegidas no reciben el tratamiento adecuado estipulado en el Decreto 2372 de 2010 de la legislación nacional colombiana y, por lo tanto, no difieren de otras áreas adyacentes sin figuras oficiales de conservación (Gómez–Hoyos et al., 2014c). Además, en estas áreas protegidas avanzan proyectos de desarrollo minero–energético (Gómez–Hoyos et al., 2014a) que ponen en riesgo los últimos relictos de ecosistemas naturales del Quindío, hábitat de muchas especies de anfibios y otros elementos de la biodiversidad con necesidades de conservación.

Por último, se resalta la importancia de la zona sur del departamento, en el municipio de Génova, pues presenta áreas compactas para alcanzar los objetivos de representatividad de la distribución de los anfibios. Estas áreas compactas son importantes para establecer sistemas de áreas protegidas bien conectadas, una de los objetivos establecidos durante la décima conferencia de las partes (COP) en Japón, para la Convención sobre Diversidad Biológica (Lopoukhine & De Souza, 2012; De Santo, 2013). Nuestros resultados apoyan la propuesta de que las áreas protegidas existentes en la zona sur sean reclasificadas con categorías de conservación y manejo más estrictas, especialmente en tierras estatales con áreas de cobertura natural (Gómez–Hoyos et al., 2014c).

Agradecimientos

Los autores damos las gracias a Carlos Londoño, Carlos Gómez, Wolfgang Buitrago y María Camila Basto por su apoyo en la organización de los especímenes depositado en la colección de herpetología de la Universidad del Quindío, así como a John Douglas Lynch por sus comentarios y por confirmar la determinación de algunas especies.

Referencias

- Acosta–Galvis, A. R., 2000. Ranas, Salamandras y Cecílias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia. *Biota Colombiana*, 1: 289–319.
- Arbeláez–Cortés, E., 2013. Knowledge of Colombian biodiversity: published and indexed. *Biodiversity and Conservation*, 22: 2875–2906.
- Arbeláez–Cortés, E., Marín–Gómez, O. H., Duque–Montoya, D., Cardona–Camacho, P. J., Renjifo, L. M. & Gómez, H. F., 2011. Birds, Quindío Department, Central Andes of Colombia. *Check List*, 7: 227–247.
- Bernal, M. H. & Lynch, J. D., 2008. Review and analysis of altitudinal distribution of the Andean anurans in Colombia. *Zootaxa*, 1826: 1–25.
- Buitrago–González, W., López–Guzmán, J. H. & Vargas–Salinas, F., 2016. *Niceforonia adenobrachia* Ardila–Robayo, Ruiz–Carranza & Barrera–Rodríguez, 1996 (Amphibia: Anura: Craugastoridae): extension of geographical distribution in the Central Andes of Colombia. *Check List*, 12: 1845.
- Cadavid, J. G., Román–Valencia, C. & Gómez, A. F., 2005. Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes centrales de Colombia. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n. s. 7: 103–118.
- Cardona–Botero, V. E., Viáfara–Vega, R. A., Valencia–Zuleta, A., Echeverry–Bocanegra, A., Hernández–Córdoba, O. D., Jaramillo–Martínez, A. F. & Castro–Herrera, F., 2013. Diversidad de la herpetofauna en el Valle del Cauca (Colombia): un enfoque basado en la distribución por ecorregiones, altura y zonas de vida. *Biota Colombiana*, 14: 156–232.
- Castro–Herrera, F. & Vargas–Salinas, F., 2008. Anfibios y reptiles en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 9: 251–277.
- Ciarleglio, M., Barnes, J. W. & Sarkar, S., 2009. ConsNet: new software for the selection of conservation area networks with spatial and multi-criteria analyses. *Ecography*, 32: 205–209.
- Daza–V., J. D. & Castro–H., F., 1999. Hábitos alimenticios de la Rana Toro (*Rana catesbeiana*) Anura: Ranidae, en el Valle del Cauca, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 23 (Suplemento especial): 265–274.
- De Santo, E. M., 2013. Missing marine protected area (MPA) targets: How the push for quantity over quality undermines sustainability and social justice. *Journal of Environmental Management*, 124: 137–146.
- Devenish, C., Díaz Fernández, D. F., Clay, R. P., Davidson, I. & Yépez Zabala, I., 2009. Important Bird Areas Americas – Priority sites for biodiversity conservation. *BirdLife Conservation Series*, 16. BirdLife International, Quito, Ecuador.
- Duellman, W. E., 2001. *The Hyliid Frogs of Middle America. Society for the Study of Amphibians and Reptiles*. Ithaca, New York, USA.
- ESRI, 2011. *ArcGIS Desktop*. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA.
- Fahrig, L., 2001. How much habitat is enough? *Biological Conservation*, 100: 65–74.
- Forero–Medina, G. & Joppa, L., 2010. Representation of global and national conservation priorities by Colombia's Protected Area Network. *PLoS ONE*, 5: e13210.
- Frost, D. R., 2016. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0 (10.04.2016). Url: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American

- Museum of Natural History, New York, USA.
- Fundación Las Mellizas, Ríos–Franco, C. A., Gómez–Hoyos, D. & Franco, P., 2012. Análisis de representatividad ecosistémica, identificación de vacíos y prioridades de conservación en el departamento del Quindío. Armenia: convenio 061. Corporación Autónoma Regional del Quindío, Fundación Las Mellizas, Wildlife Conservation Society.
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility), 2014. *Free and open access to biodiversity data*. Url: <http://www.gbif.org/> [Accessed on 8 August 2014].
- Gómez–Hoyos, D. A., Chuprine, A. & Salazar–Bejarano, R., 2014a. Distrito de Conservación de Suelos Barbas–Bremen: Consideraciones de Manejo, Conservación y Amenaza. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 4: 31–39.
- Gómez–Hoyos, D. A., López–García, M. M., Soto–Garzón, C. A., Méndez–Rojas, D. M., Kahn, T. R. & Velásco, J. A., 2014b. Geographic variation in the diet of the Cauca Poison Frog *Andinobates bombetes* (Anura: Dendrobatidae) in the Andes of Colombia. *Herpetology Notes*, 7: 559–564.
- Gómez–Hoyos, D. A., Marín–Gómez, O. H. & Vanegas Guerrero J., 2012a. Inusual amplexus in *Dendropsophus columbianus* (Anura: Hylidae). *Herpetology Notes*, 5: 497–498.
- Gómez–Hoyos, D. A., Ríos–Franco, C. A., Marín–Gómez, O. H., Suarez–Joaqui, T. & González–Maya, J. F., 2014c. Representatividad de mamíferos amenazados en el Sistema Departamental de Áreas Protegidas (SIDAP) del Quindío. *Mammalogy Notes*, 1: 35–41.
- Gómez–Hoyos, D. A., Suárez–Joaqui, T. & Marín–Gómez, O. H., 2012b. Flesh fly myiasis (Diptera: Sarcophagidae) in *Pristimantis thectopternus* (Anura: Strabomantidae) from Colombia. *Herpetology Notes*, 5: 27–29.
- González–Maya, J. F., Viquez–R., L. R., Belant, J. L. & Ceballos, G., 2015. Effectiveness of Protected Areas for Representing Species and Populations of Terrestrial Mammals in Costa Rica. *PLoS ONE*, 10: e0124480.
- Grant, T., 2007. A new, toxic species of *Colostethus* (Anura: Dendrobatidae: Colostethinae) from the Cordillera Central of Colombia. *Zootaxa*, 1555: 39–51.
- Guralnick, R. & Constable, H., 2010. VertNet: Creating a data-sharing community. *BioScience*, 60: 258–259.
- Heinicke, M. P., Duellman, W. E. & Hedges, S. B., 2007. Major Caribbean and Central American frog faunas originated by ancient oceanic dispersal. *PNAS*, 104: 10092–10097.
- Hedges, S. B., Duellman, W. E. & Heinicke, M. P., 2008. New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): Molecular Phylogeny, classification, biogeography, and conservation. *Zootaxa*, 1737: 1–182.
- Hernandez, P. A., Graham, C. H., Master, L. L. & Albert, D. L., 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29: 773–785.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. & Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965–1978.
- Hoyos–Hoyos, J. M., Isaacs–Cubides, P., Devia, N., Galindo–Uribe, D. M. & Acosta–Galvis, A. R., 2012. An approach to the ecology of the herpetofauna in agroecosystems of the colombian coffee zone. *South American Journal of Herpetology*, 7: 25–34.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), 2010. *Coberturas y usos de la tierra del departamento del Quindío*. Gobernación del Quindío, CRQ, Alcaldías de Armenia, Calarcá, Quimbaya y Salento, Comité de Cafeteros del Quindío, Empresas Públicas de Armenia, Empresa de Energía del Quindío.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature), 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2015–4. Url: <http://www.iucnredlist.org> [Accessed on 19 February 2016].
- Le Saout, S., Hoffmann, M., Shi, Y., Hughes, A., Bernard, C., Brooks, T., Bertzky, B., Butchart, S. H., Stuart, S. N., Badman, T. & Rodrigues, A. S. L., 2013. Protected Areas and Effective Biodiversity Conservation. *Science*, 342: 803–805.

- Llano-Mejía, J., Cortés-Gómez, A. M. & Castro-Herrera, F., 2010. Lista de anfibios y reptiles del departamento del Tolima, Colombia. *Biota Colombiana*, 11: 89–106.
- Lopoukhine, N. & De Souza, B. F., 2012. Editorial: What does target 11 really mean? *PARKS*, 18: 5–8.
- Lynch, J. D., 1991. New diminutive *Eleutherodactylus* from the Cordillera Central of Colombia (Amphibia: Leptodactylidae). *Journal of Herpetology*, 25: 344–352.
- 1997. Intrageneric relationships of mainland *Eleutherodactylus* II. A review of the *Eleutherodactylus sulcatus* group. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 21: 353–372.
- 1999a. Una aproximación a las culebras ciegas de Colombia (Amphibia: Gymnophiona). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 23 (suplemento especial): 317–337.
- 1999b. Lista anotada y claves para las ranas (género *Eleutherodactylus*) chocoanas del Valle del Cauca, y apuntes sobre las especies de la Cordillera Occidental adyacente. *Caldasia* 21: 184–202.
- Lynch, J. D. & Ardila-Robayo, M. C., 1999. The *Eleutherodactylus* of the taeniatus complex in western Colombia: Taxonomy and Distribution. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 23: 615–624.
- Lynch, J. D., Ruiz-Carranza, P. M. & Ardila-Robayo, M. C., 1996. Three new species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from high elevations of the Cordillera Central of Colombia. *Caldasia*, 18: 329–342.
- Lynch, J. D., Ruiz-Carranza, P. M. & Ardila-Robayo, M. C., 1997. Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 21: 237–248.
- Margules, C. R. & Pressey, R. L., 2000. Systematic conservation planning. *Nature*, 405: 243–253.
- Marín-Gómez, O. H., & Gómez-Hoyos, D. A., 2011. *Estado Actual de Ranitomeya bombetes (Anura: Dendrobatidae): Plan de manejo y conservación para las poblaciones de Ranitomeya bombetes (Myers y Daly 1980) en Quindío, Colombia*. Editorial Académica Española.
- Maya, C. A. & Agudelo, C., 2010. Lista anotada de las especies de Euphorbiaceae para el Quindío. *Rev. Asoc. Col. Cien. Biol.*, 20: 126–136.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. & Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853–858.
- Palacio, J. A., Muñoz, E. M., Gallo, S. M. & Rivera, M., 2006. *Anfibios y Reptiles del Valle de Aburrá*. Primera Edición. Editorial Zuluaga Ltda., Medellín, Colombia.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M. & Townsend Peterson, A., 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of biogeography*, 34: 102–117.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231–259.
- Reid, W. V., 1998. Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology & Evolution*, 13: 275–280.
- Ríos, M., 2005. Especies focales y prioritarias para el SIRAP Eje cafetero. Fundación EcoAndina. Cali, Colombia.
- Roa-Trujillo, S. H. & Ruiz-Carranza, P. M., 1991. Una nueva especie de *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) de la Cordillera Central de Colombia. *Caldasia*, 16: 343–348.
- Rojas-Morales, J. A., Arias-Monsalve, H. F. & González-Durán, G. A., 2014. Anfibios y reptiles de la región centro-sur del departamento de Caldas, Colombia. *Biota Colombiana*, 15: 73–93.
- Rojas-Morales, J. A., Escobar-Lasso, S. & Gutiérrez-Cárdenas, P. D. A., 2011. Contribución al conocimiento de los anfibios de la región centro-sur de Caldas: primeros registros de ranas de cristal (Anura: Centrolenidae) para el municipio de Manizales, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas*, 15: 75–83.
- Rondinini, C., Rodrigues, A. S. L. & Boitani, L., 2011. The key elements of a comprehensive global mammal conservation strategy. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 366: 2591–2597.

- Rueda-Almonacid, J. V., Lynch, J. D. & Amézquita, A. (Eds.), 2004. *Libro Rojo de Anfibios de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Ruiz-Carranza P. M. & Lynch J. D., 1991. Ranas Centrolenidae de Colombia III: nuevas especies de *Cochranella* del grupo *granulosa*. *Lozania*, 59: 1–18.
- 1995. Ranas Centrolenidae de Colombia VIII. Cuatro nuevas especies de *Centrolene* de la Cordillera Central. *Lozania*, 65: 1–16
- Ruiz-Carranza, P. M., Ardila-R., M. C. & Lynch, J. D., 1996. Lista actualizada de la fauna de Amphibia de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 20: 365–415.
- Ruiz-Carranza, P. M. & Osorno-Muñoz, M., 1994. Tres nuevas especies de *Atelopus* A. M. C. Dumeril y Bibron 1841 (Amphibia: Bufonidae) de la Cordillera Central de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 19: 165–179.
- Sewall, B. J., Freestone, A. L., Moutui, M. F. E., Toilibou, N., Saïd, I., Toumani, S. M., Attoumane, D. & Ibouara, C. M., 2011. Reorienting Systematic Conservation Assessment for Effective Conservation Planning. *Conservation Biology*, 25: 688–696.
- Suárez-Mayorga, A. M., Kahn, T. R. & Gómez-Hoyos, D. A., 2016. Cauca Poison Frog, *Andinobates bombetes*. En: *Aposematic poison frogs (Dendrobatidae) of the Andean countries: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú and Venezuela*: 251–255 (T. R. Kahn, E. La Marca, S. Lotters, J. L. Brown, E. Twomey & A. Amézquita, Eds.). Conservation International, Arlington, USA.
- Vanegas-Guerrero, J. & Fernández-Roldán, J. D., 2014. *Osornophryne percrassa* Ruiz-Carranza y Hernández-Camacho 1976. *Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia*, 2: 21–24.
- Wisn, M. S., Hijmans, R. J., Li, J., Peterson, A. T., Graham, C. H. & Guisan, A., 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14: 763–773.