

ABUNDANCIA RELATIVA, USO DEL HÁBITAT Y DIETA DE *BOLITOGLOSSA ORESTES* (URODELA: PLETHODONTIDAE) EN UNA SELVA NUBLADA ANDINA VENEZOLANA

RELATIVE ABUNDANCE, HABITAT USE AND DIET OF *BOLITOGLOSSA ORESTES* (URODELA: PLETHODONTIDAE) IN A VENEZUELAN ANDEAN CLOUD FOREST

Diego A. Cadenas^{1,2}, Antonio J. Pérez-Sánchez^{1,3*}, Pedro M. Villa^{2,4} y

Antonio A. De Ascenção¹

¹Universidad de Los Andes (ULA), Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. La Hechicera, Mérida (5101), Edo. Mérida, Venezuela.

²Postgrado en Ecología Tropical, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida (5101), Edo. Mérida, Venezuela.

³Postgrado en Ecología, Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Edo. Miranda, Venezuela. Tlf: + 58 212-5041283, fax: + 58 212-5041088. E-mail: ajperez@ivic.ve

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Estación experimental Amazonas, Área de Agroecología, Puerto Ayacucho, Edo. Amazonas, Venezuela

RESUMEN

Entre las salamandras venezolanas, *Bolitoglossa orestes* es una especie endémica de la Cordillera de Mérida catalogada como vulnerable (VU D2) según la lista roja de la UICN, y con datos insuficientes (DD -data deficient-) dentro del libro rojo de la fauna venezolana. Algunos autores presumen que la destrucción del hábitat afecta sus densidades poblacionales, sin embargo no existen datos concluyentes al respecto. Bajo esta premisa, evaluamos la abundancia relativa de *B. orestes* en tres quebradas con grados de perturbación diferentes (Q1: perturbación natural, Q2: sin perturbación y Q3: perturbación antropogénica) en la selva nublada de Monte Zerpa, Mérida- Venezuela. Realizamos recorridos nocturnos quincenales durante 2005, donde registramos un total de 12 individuos de *B. orestes* sólo en la quebrada Q2. Cerca del 70% de los avistamientos ocurrieron sobre helechos y en algunos casos en especies arbustivas pertenecientes a la familia Piperaceae. La disposición espacial de los individuos registrados no varió significativamente entre los periodos de precipitación ($p \gg 0,001$); mientras que, los registros de abundancia mostraron una asociación positiva con el caudal ($r_s = 0,8$; $p < 0,05$) y la humedad relativa ($r_s = 0,45$; $p < 0,05$). Las muestras fecales analizadas (n=5) revelaron una dieta compuesta principalmente por insectos residentes de la hojarasca (62,5% de la composición total). A pesar de los bajos registros de *B. orestes* (≤ 1 individuo avistado por recorrido), nuestros resultados apoyan la hipótesis de la perturbación del hábitat como una de las principales causas que afectan la densidad de este anfibio en selvas nubladas de la Cordillera de Mérida, Venezuela.

Palabras clave: Anfibios, Cordillera de Mérida, Monte Zerpa, perturbación de hábitat, salamandra, selva nublada, Venezuela

ABSTRACT

Among the Venezuelan salamanders, *Bolitoglossa orestes* is an endemic species in the Cordillera de Mérida; classified as vulnerable (VU D2) and with data deficient (DD) according to the IUCN red list and the red book of the Venezuelan fauna, respectively. Some authors presume that habitat destruction affects population densities of this amphibian; however, there are no conclusive data that confirm this statement. In this sense, we examined the relative abundance of *B. orestes* in three creeks with different disturbance degrees (Q1: natural disturbance, Q2: without disturbance and Q3: anthropogenic disturbance) in Monte Zerpa cloud forest, Mérida- Venezuela. We carried out nocturnal trackings biweekly during 2005, where we only registered 12 individuals of *B. orestes* in the Q2 creek. Around 70% of the encounters occurred over ferns and in some cases over shrubs species of Piperaceae family. The spatial disposition of the registered individuals did not vary among precipitation periods ($p \gg 0.001$), while the abundance data showed a positive association with the flow ($r_s = 0.8$, $p < 0.05$) and the relative humidity ($r_s = 0.45$, $p < 0.05$). The fecal samples analyzed (n=5) revealed a diet mainly composed by leaf litter dwelling insects (62.5% of the total composition). Despite to the few records of *B. orestes* (≤ 1 individual per tracking), our results support the hypothesis that states habitat disturbance as one of the main causes that affects population densities of this amphibian in cloud forests from Cordillera de Mérida, Venezuela.

Key words: Amphibian, Cordillera de Mérida, Monte Zerpa, habitat disturbance, salamander, cloud forest, Venezuela

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas han sido referidas disminuciones marcadas en las poblaciones de anfibios a nivel mundial, algunas de las cuales tienen como sus causas principales a el cambio climático global, la destrucción de hábitat y la influencia del patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis* (Pechman y Wilbur 1994, Blaustein *et al.* 2001, Kiesecker *et al.* 2001, Blaustein y Kiesecker 2002, Pounds *et al.* 2006, Blaustein y Bancroft 2007). En América, la mayoría de las especies de anfibios con poblaciones en declive se ubican en áreas montañosas de Centroamérica y los Andes (Pounds *et al.* 1999, Young *et al.* 2001, Lips *et al.* 2005, Lötters *et al.* 2005, Lips *et al.* 2008); mientras que para Venezuela, la mayoría de las especies con disminuciones críticas se encuentran en La Cordillera de Mérida y La Cordillera de La Costa, donde especies como *Atelopus carbonerensis*, *A. pinangoi* y *A. sorianoi* parecen haber llegado al límite de la extinción desde hace más de una década (La Marca *et al.* 2005, Rodríguez y Rojas-Suárez 2008). En esta región, las disminuciones y extinciones en anuros han sido atribuidas a un efecto concertado de la variabilidad climática y la incidencia de *B. dendrobatidis* (La Marca *et al.* 2005, Lampo *et al.* 2008, Sánchez *et al.* 2008); sin embargo, en muchos anfibios la información acerca de sus historias de vida es prácticamente inexistente. Un ejemplo de ello son *Bolitoglossa orestes*, *B. boburata*, *B. guaramacalensis* y *B. spongai*, cuatro de las 24 especies de salamandras bolitoglossinas reportadas para Suramérica, cuyos estados poblacionales son totalmente desconocidos (Barrio-Amorós y Fuentes 1999, Schargel *et al.* 2002, Rodríguez y Rojas-Suárez 2008). Entre los caudados venezolanos, *B. orestes* es una salamandra endémica de la Cordillera de Mérida catalogada como una especie vulnerable (VU D2) según la lista roja de la UICN, y como una especie con datos insuficientes (DD -data deficient-) dentro del libro rojo de la fauna venezolana (La Marca y García-Pérez 2004, Rodríguez y Rojas-Suárez 2008). Algunos autores presumen que la destrucción de su hábitat pudiera estar afectando las densidades de sus poblacionales; no obstante, actualmente no existen datos que lo confirmen (La Marca y García-Pérez 2004, Rodríguez y Rojas-Suárez 2008). En este sentido, realizamos el seguimiento de una población de *B. orestes*

en una selva nublada de la Cordillera de Mérida durante un año, con el objetivo de *i*) determinar su abundancia relativa en quebradas con diferentes grados de perturbación, *ii*) analizar su uso del hábitat en relación a los cambios estacionales de parámetros climáticos, y *iii*) contribuir con el estudio de los hábitos alimentarios de la especie a partir de muestras fecales. Además, con este estudio generamos información básica esencial para proponer medidas de conservación y futuros programas de seguimiento de esta población.

MÉTODOS

Área de estudio

Realizamos el estudio en la Selva Nublada de Monte Zerpa dentro del Parque Nacional Sierra de La Culata (8°37'N - 71°9'W), la cual se encuentra en las proximidades de la comunidad de Santa Rosa a unos 5 km N de la ciudad de Mérida, estado Mérida, Venezuela. Esta unidad ecológica se caracteriza por presentar un régimen de temperaturas isotérmico cuyos promedios mensuales varían entre 13 y 19 °C (Figura 1). Las precipitaciones exhiben un promedio anual de 2000 mm, con un patrón tetraestacional de dos periodos de bajas precipitaciones (diciembre-marzo y junio-agosto) y dos periodos de altas precipitaciones (abril-mayo y septiembre-noviembre) además del aporte adicional de agua por precipitación horizontal (Figura 1; Piñero y Durant 1993, Ataroff y Sarmiento 2003). Realizamos recorridos nocturnos y muestreos diurnos durante 2005 en tres quebradas afluentes del río Albarregas ubicadas entre los 2000 y

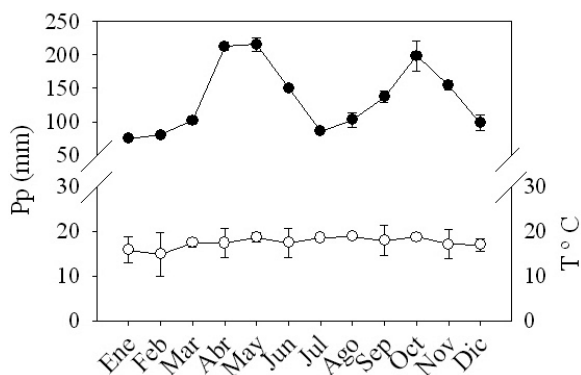


Figura 1. Precipitación promedio mensual de la selva nublada de Monte Zerpa, Mérida- Venezuela durante 2005.

2200 m de altitud. La primera quebrada (Q1) se caracterizó por presentar el mayor caudal ($>4,5$ m³/seg), mayor apertura del dosel, numerosos cantos rodados y frecuentes avenidas durante los periodos de mayor precipitación, lo cual configura un ambiente naturalmente perturbado (Nava *et al.* 2003). La segunda quebrada (Q2) presentó una mayor cobertura arbórea, arbustiva y hojarasca en el suelo, sin signos aparentes de perturbación (Nava *et al.* 2003, Cadenas *et al.* 2003). La tercera quebrada (Q3) estuvo ubicada en áreas de rastrojos, con poca cobertura del dosel, exhibiendo un mayor grado de perturbación antropogénica debido al vertido de aguas residuales y en ocasiones presencia de ganado vacuno.

Perturbación del hábitat

Debido a los hábitos terrestres de *B. orestes* (Barrio-Amorós y Fuentes 1999, Rodríguez y Rojas-Suárez 2008) medimos como indicadores de perturbación, la abundancia relativa de la vegetación arbustiva (helechos) y la hojarasca en el suelo a lo largo de un transecto de 500 m, dispuesto paralelamente a 5 m de cada quebrada. Específicamente, realizamos tres salidas diurnas durante el año de muestreo (marzo, mayo, julio), donde registramos el número de helechos mayores a 1,5 m de altura (cobertura arbustiva) en parcelas de 5 x 5 m ($n=3$); así como también, la cobertura y profundidad de la hojarasca en parcelas de 1 x 1 m ($n=3$). En total, efectuamos mediciones en 27 parcelas tanto para la vegetación arbustiva, como para la hojarasca durante todo el año (3 parcelas x 3 salidas x 3 quebradas). Realizamos un análisis de varianza de una vía con pruebas *a posteriori* (Tukey; $p=0,05$) con el propósito de comparar cada parámetro entre transectas (Quinn y Keough 2002).

Abundancia relativa

Para determinar la abundancia relativa de *B. orestes* efectuamos 14 recorridos nocturnos quincenales a lo largo de un transecto de 500 m dentro de cada quebrada durante el periodo marzo-noviembre de 2005. Registramos el número de salamandras avistadas en cada transecto, manteniendo un esfuerzo constante de 12 horas x hombre x quebrada. De igual forma, registramos cantos y/o avistamientos de los anuros reportados para la zona (Cadenas *et al.* 2003; Villa *et al.* 2003), con el propósito de compararlos con la

abundancia relativa de *B. orestes* en cada transecto. Registramos variables microclimáticas como temperatura (°C), humedad relativa (%HR) del aire y suelo, así como el caudal y la temperatura de cada quebrada. Obtuvimos datos de precipitación (mm) para cada evento de muestreo a partir de los registros de la estación meteorológica Santa Rosa, IIAP-ULA. Concluido el año de muestreo sumamos el número de salamandras y anuros por período de precipitación y analizamos la relación existente entre la abundancia relativa y las variables ambientales a través del cálculo del coeficiente de correlación de Spearman (r_s) (Quinn y Keough 2002).

Ubicación espacial y dieta

Para determinar la ubicación espacial de *B. orestes*, registramos la distancia relativa de los individuos observados con relación a la quebrada, considerando como medidas de ubicación espacial: *i*) la distancia vertical con relación al suelo (DVS), *ii*) la distancia horizontal con relación al borde de la quebrada (DHQ) y, *iii*) la distancia vertical sobre la quebrada (DVQ). De igual forma, registramos el tipo de sustrato (vegetación, hojarasca, suelo), la temperatura y la humedad relativa del sitio en donde ocurrieron los avistamientos. Realizamos el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman (r_s) con la finalidad de evaluar posibles asociaciones entre las variables microclimáticas y la ubicación espacial de *B. orestes*.

Determinamos la dieta de *B. orestes* a través del análisis de las muestras fecales depositadas por los individuos observados en el área de estudio. Colectamos y almacenamos cinco muestras fecales de manera independiente, las cuales preservamos en una solución constituida por seis partes de alcohol isopropílico al 95%, tres partes de agua destilada y una parte de fenol al 40%. Con la ayuda de un microscopio estereoscópico Leica MZ8, analizamos las muestras fecales y separamos todos los fragmentos identificables (patas, alas, antenas, cercos, cápsulas cefálicas) y/o estructuras con caracteres diagnósticos de las presas consumidas, las cuales identificamos taxonómicamente hasta el nivel de familia por comparación con una colección entomológica de referencia y con la ayuda de textos sobre morfología de insectos y claves entomológicas (Chapman 1971, Whitaker 1988, Borror *et*

al. 1992, Osuna 1995). En algunos casos, sólo logramos la identificación de las presas consumidas por *B. orestes* hasta el nivel de Orden, debido a la digestión diferencial de las mismas y/o la ausencia de suficientes fragmentos con caracteres diagnóstico.

Estimamos para cada muestra fecal, el número mínimo de presas consumidas por grupo taxonómico a través de la reconstrucción y ordenamiento de todos los fragmentos y estructuras identificadas (Whitaker 1988). Para establecer la dieta de *B. orestes* determinamos: i) la frecuencia de cada rubro alimentario (grupo taxonómico) en todas las muestras fecales (N), ii) la proporción de cada rubro alimentario en relación al total de ocurrencias registradas para todos los rubros alimentarios (%N), iii) la proporción de los rubros alimentarios agrupados por categoría taxonómica (Clases y Ordenes) en relación al total de ocurrencias registradas para todos los rubros alimentarios (%C), y iv) la frecuencia de consumo específica que consiste en el número de salamandras que consumieron cada rubro alimentario en relación al total de muestras fecales analizadas (FCE).

RESULTADOS

Observamos variaciones en los parámetros de perturbación medidos entre las tres quebradas; sin embargo, no detectamos diferencias significativas entre las quebradas Q1 y Q3 en términos de abundancia de helechos y espesor de la hojarasca ($F_{2,6} = 5,1$; $p < 0,05$; DVS $p < < 0,01$; Figura 2). Los parámetros medidos en la quebrada Q2 presentaron valores considerablemente mayores en relación a las quebradas Q1 y Q3 (Figura 2).

Registramos *B. orestes* sólo en la quebrada Q2, con un total de 12 individuos en las 14 sesiones de muestreo. Esta abundancia relativa fue mayor a la registrada para *Hyloscirtus jahni* (1); no obstante, fue menor a la registrada para los anuros *H. platydactylus* (42), *Hyalinobatrachium durantei* (38) y *Pristimantis vanadisae* (19) en la misma quebrada durante el año de muestreo (Figura 3a). Por su parte, registramos cerca de 158 individuos de *H. platydactylus*, 82 de *H. janni* y 60 de *H. durantei* en la quebrada Q1 (Figura 3b); mientras que no registramos ningún anfibio durante los periodos de muestreo en la quebrada Q3. Sin embargo, en esta última quebrada tuvimos

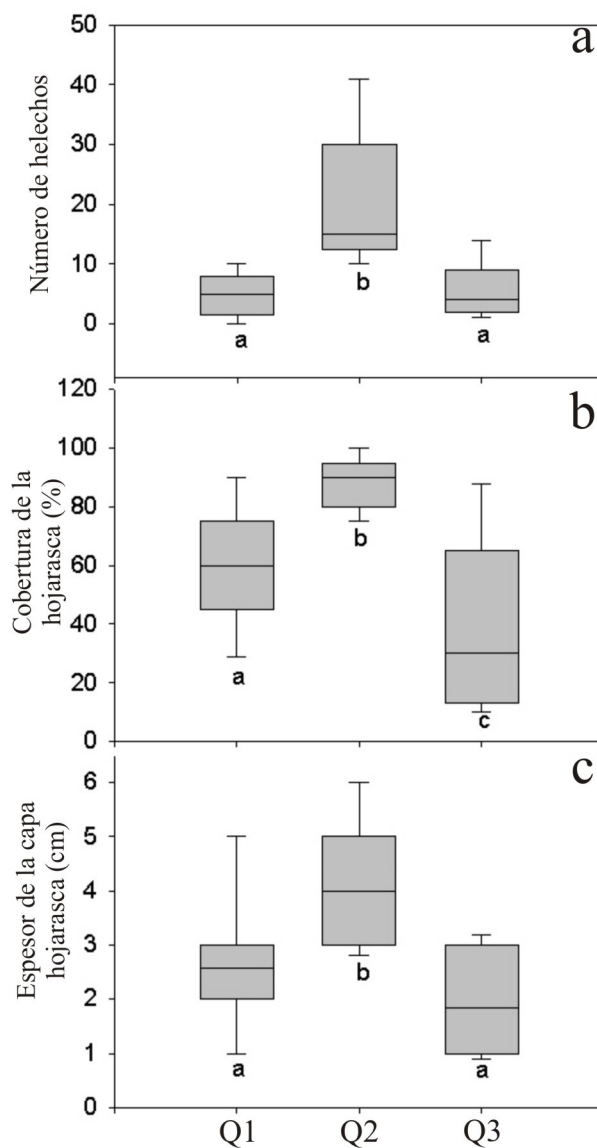


Figura 2. Parámetros de calidad del hábitat considerados, número de helechos (a), proporción de cobertura de la hojarasca en el suelo (b) y espesor de la capa de hojarasca en el suelo (c) en las quebradas con perturbación natural (Q1), sin perturbación (Q2) y con perturbación antropogénica (Q3).

encuentros ocasionales con algunos individuos de *Centrolene altituninale* durante recorridos post-muestreo.

La abundancia relativa de *B. orestes* no presentó diferencias significativas entre periodos de precipitación ($p \gg 0,05$). No obstante, en la

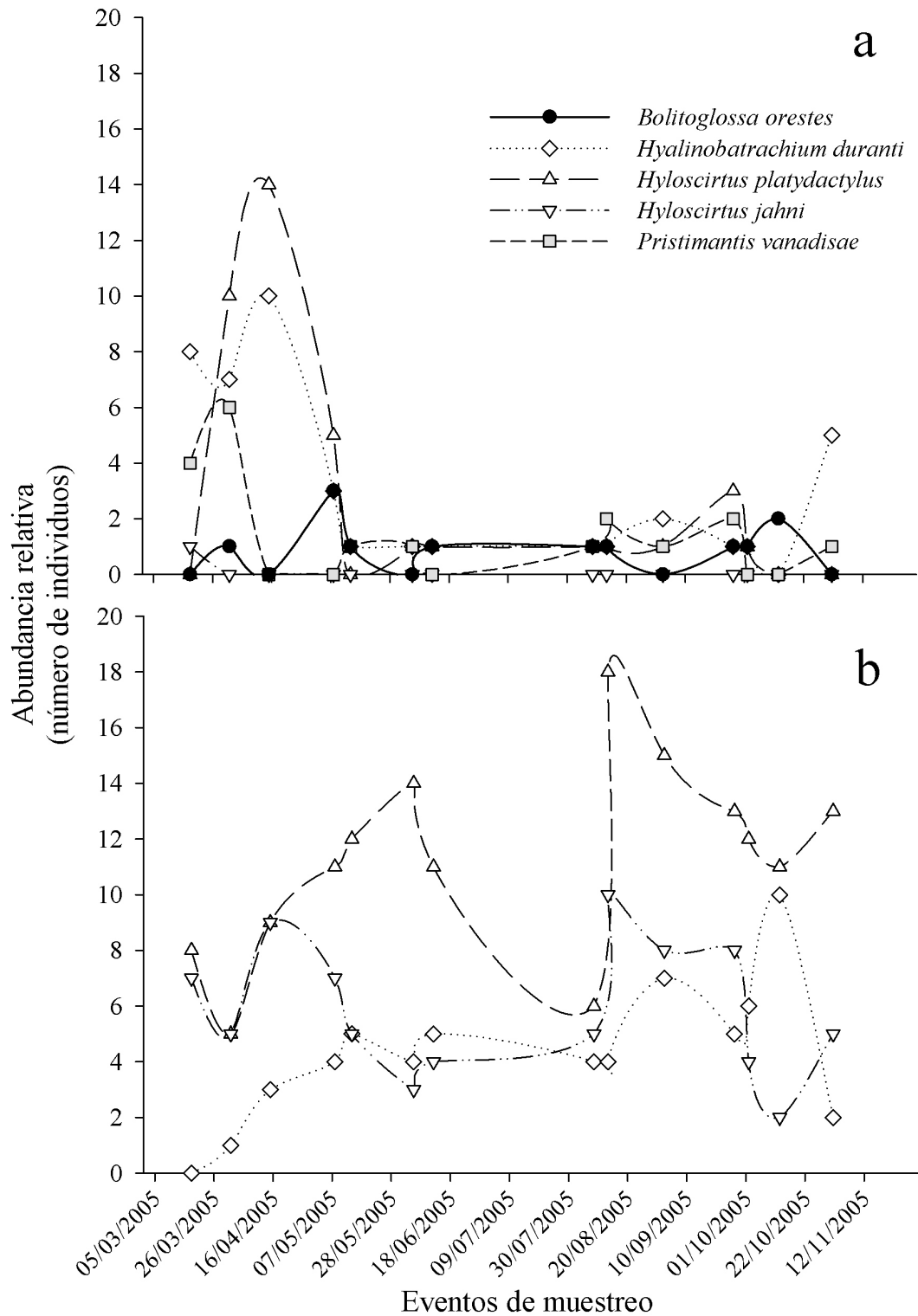


Figura 3. Distribución temporal de la abundancia relativa de *B. orestes* y especies de anuros registrados en las quebradas Q2 (a) y Q1 (b) a lo largo de los 14 eventos de muestreo.

quebrada Q2 la abundancia relativa total de anfibios fue mayor durante el primer periodo de alta precipitación (abril-mayo), mientras que en Q1 lo fue durante el segundo periodo (septiembre-noviembre, Figura 3). Observamos una asociación positiva significativa entre la abundancia relativa de *B. orestes* y el caudal; así como también, con la humedad relativa del aire (Tabla 1). En contraste, la abundancia relativa mostró una correlación negativa significativa con la temperatura durante todo el año (Tabla 1).

Avistamos individuos de *B. orestes* principalmente sobre la vegetación ribereña, predominantemente sobre helechos (70% de los casos) y en especies arbustivas pertenecientes a la familia Piperaceae (*Piper aduncun* y *Piper diffamatum*). La disposición espacial de los individuos registrados no varió significativamente entre los periodos de precipitación ($p \gg 0,001$), presentando un valor de DHQ promedio de $134,3 \pm 82,7$ cm ($n = 9$) y $76,4 \pm 43,9$ cm ($n = 9$) en relación a su disposición vertical respecto al suelo (DVS). Encontramos un individuo en la vegetación sobre la quebrada (DVQ= 150 cm), y dos sobre el suelo y hojarasca. Las medidas de DHQ y DVS presentaron una alta correlación con la temperatura máxima de la quebrada (Tabla 1).

El análisis de las muestras fecales ($n = 5$) reveló que la dieta de *B. orestes* está constituida principalmente por invertebrados terrestres pertenecientes a la clase Hexapoda (62,5%), Arachnida (31,3%) y Myriapoda (4,2%), y en menor proporción por moluscos dulceacuícolas de la clase Gasteropoda (2,1 %; Tabla 2). Los restos de las presas encontrados en las muestras fecales arrojan indicios de presas pequeñas y residentes del sustrato hipogeo (hojarasca y troncos caídos). Entre los órdenes registrados en las muestras fecales, los himenópteros (39,6%) y los ácaros (14,6%) estuvieron representados en su totalidad por individuos pertenecientes a la familia Formicidae (Myrmicinae) y Oribatidae respectivamente, constituyendo en conjunto el 54,2% de las presas consumidas. Los coleópteros (16,7%), representados por individuos de seis diferentes familias, y los pseudoescorpiones (10,4%) con sólo dos familias, incrementaron a 81,3% los componentes en la dieta. El 18,7% restante estuvo constituido por representantes de siete familias pertenecientes a los órdenes Araneae (6,3%), Scolopendromorpha (4,2%), Hemiptera

(4,2%), Diptera (2,1%) y Prosobranchia (2,1%). Los rubros alimentarios consumidos con mayor frecuencia (FCE) por *B. orestes* fueron los himenópteros de la familia Formicidae (1,0), los Pseudoescorpiones de la familia Chernetidae (0,8) y los ácaros de la familia Oribatidae (0,6). Los demás rubros alimentarios presentaron una frecuencia de consumo baja (Tabla 2). Los restos de las presas encontradas en las muestras fecales correspondieron en un 89,6% a especies pequeñas que habitan el sustrato hipogeo (hojarasca y troncos caídos), mientras que el 10,4% restante está representado por especies pequeñas de hábitos epigeos (vegetación arbustiva), de las cuales sólo la familia Cecidomyiidae (Diptera) presentó especies de vuelo activo (Tabla 2). El número (promedio \pm desviación estándar) de presas consumidas e identificadas por muestra fecal fue de $9,4 \pm 4,3$ y el número (promedio \pm desviación estándar) de presas diferentes consumidas por cada salamandra fue de $5,4 \pm 2,6$.

DISCUSIÓN

La abundancia de la vegetación arbustiva, así como el espesor y la cobertura de la hojarasca podrían ser considerados como medidas de la calidad o grado de intervención del hábitat en unidades ecológicas como la selva nublada, debido a que proporcionan regímenes adecuados de humedad para el refugio, alimentación y reproducción de muchos anfibios (Tryon y Tryon 1982, Marsh y Pearman 1997, Manzanilla y Péfaur 2000). Estos parámetros mostraron variaciones significativas entre las quebradas evaluadas (Figura 2); por lo tanto, presumimos que la quebrada Q2 no exhibe signos de perturbación dado que presentó un alto número de helechos, mayor cobertura de hojarasca en el suelo y un ensamblaje de anfibios más complejo (Figuras 2 y 3). No obstante, nuestros resultados de calidad de hábitat no permiten diferenciar entre la perturbación natural y la antropogénica, debido a que las quebradas Q1 y Q3 no exhibieron diferencias significativas en sus medidas. En este sentido, consideramos que aunque que el número de helechos y la densidad de hojarasca han sido parámetros frecuentemente asociados al hábitat de salamandras y anfibios terrestres (Marsh y Pearman 1997, Manzanilla y Péfaur 2000, Maerz *et al.* 2009), para evaluar el grado de perturbación en estas dos quebradas

Tabla 1. Coeficiente de correlación de Spearman (r_s) entre la abundancia relativa, ubicación espacial de *B. orestes* y la temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), humedad relativa (%HR) y caudal (cm³/seg).

		Caudal	% HR	Temperatura (°C)	
				Máxima	Mínima
Abundancia relativa		0,8*	0,45*	- 0,62*	- 0,57*
Ubicación espacial	Horizontal (DHA)	-	-	0,79*	-
	Vertical (DDS)	-	-	0,82*	-

* estadísticamente significativo $p < 0,05$; según la prueba de significación para el coeficiente de correlación de Spearman.

Tabla 2. Composición de la dieta de *B. orestes*. Frecuencia de cada rubro alimentario identificado hasta familia (N), porcentaje de cada rubro alimentario (%N), porcentaje de rubros alimentarios agrupados por Clase y Orden (%C), frecuencia de consumo específica (FCE), número de ninfas (Ni) y larvas (La).

Rubro Alimentario		N	%N	%C	FCE	Estrato
Clase/Orden	Familia					
GASTEROPODA				2,1		
Prosobranchia	No Identificable	1	2,1	2,1	0,2	Epigeo-Acuático
ARACHNIDA				31,3		
Pseudoescorpiones	Chernetidae	4	8,3	10,4	0,8	Hipogeo
	Chthoniidae	1	2,1		0,2	Hipogeo
Araneae	Oonopidae	1	2,1	6,3	0,2	Hipogeo
	No Identificable	2	4,2		0,4	Hipogeo
Acarina	Oribatidae	7	14,6	14,6	0,6	Hipogeo
MYRIAPODA				4,2		
Scolopendromorpha	Cryptopidae	2	4,2	4,2	0,4	Hipogeo
HEXAPODA				62,5		
Hemiptera	Myridae (Ni)	1	2,1	4,2	0,2	Epigeo
	Reduviidae (Ni)	1	2,1		0,2	Epigeo
Coleoptera	Bruchidae	1	2,1	16,7	0,2	Epigeo
	Carabidae	1	2,1		0,2	Hipogeo
	Curculionidae	1	2,1		0,2	Epigeo
	Melandrydae	1	2,1		0,2	Hipogeo
	Pselaphidae	2	4,2		0,2	Hipogeo
	Staphylinidae (La)	2	4,2		0,4	Hipogeo
Diptera	Cecidomyiidae	1	2,1	2,1	0,2	Epigeo
Hymenoptera	Formicidae	19	39,6	39,6	1,0	Hipogeo

debería considerarse el uso de otros indicadores ambientales, tales como la apertura del dosel, propiedades químicas del agua, número de árboles, entre otros.

Nuestros resultados indican que las modificaciones estructurales del hábitat parecen tener repercusiones negativas sobre la presencia y abundancia relativa de algunos anfibios, lo cual concuerda con el patrón encontrado por Marsh y Pearman (1997), Herbeck y Larsen (1999), Hicks y Pearson (2003), Cushman (2006), Chattin *et al.* (2007) y Maerz *et al.* (2009). Por tanto, la hipótesis de la perturbación del hábitat y la sensibilidad de *B. orestes* ante catástrofes naturales puede ser discutida sobre la base de nuestros resultados. La quebrada Q1, presenta una mayor variabilidad intra e interanual en relación a su tamaño de su cauce, apertura del dosel y vegetación ribereña producto de avenidas durante los meses más lluviosos (Nava *et al.* 2003; Villa *et al.* 2003), lo cual podría ser la causa de una importante remoción y arrastre de hojarasca del suelo adyacente. Esta dinámica local podría ser equivalente a una catástrofe natural de menor escala, afectando el establecimiento y permanencia de las poblaciones *B. orestes* en las cercanías del cauce, así como de otros anfibios de hábitos terrestres como *P. vanadisae* (Figura 3). Así mismo, es posible que después de una perturbación natural también podría facilitarse la colonización de diversas plantas pioneras, junto con la repoblación de determinados anuros de hábitats arbóreos; tal como observamos con *H. platydactylus* y *H. jahni*, cuyos altos registros estuvieron asociados principalmente a la vegetación arbustiva dentro del cauce de esta quebrada. Por otra parte, en el caso de Q3, especulamos que el continuo aporte de desechos orgánicos y sobrepastoreo en la vegetación ribereña, podría haber modificado las características químicas del agua y la cobertura vegetal; por lo tanto, dada la sensibilidad de *B. orestes* a cambios en el hábitat, estas variaciones podrían limitar su colonización y establecimiento en esta quebrada. De esta forma, el análisis de nuestros resultados sugiere que en la selva nublada de Monte Zerpa la perturbación natural parece influir de manera considerable en la presencia de salamandras y anuros terrestres, mientras que la perturbación antropogénica conduce a la ausencia de los anfibios en general.

A pesar de detectamos diferencias significativas

en las precipitaciones entre periodos ($p < 0,05$), la abundancia relativa y ubicación espacial de *B. orestes* no varió significativamente entre estos periodos. Atribuimos esta situación, a que la temperatura y humedad relativa a nivel del suelo se mantuvieron relativamente constantes durante el año de muestreo ($18 \pm 2^\circ\text{C}$ y $83 \pm 11\%$, respectivamente). Sin embargo, nuestros resultados parecen indicar que las temperaturas extremas, una baja humedad relativa y el caudal, determinan la distancia horizontal a la quebrada donde se registraron los individuos. Los valores de correlación entre variables ambientales y la abundancia, indican que la presencia de *B. orestes* podría estar influenciada principalmente, por la humedad relativa y la temperatura del aire, lo cual concuerda con lo observado para *B. subpalmata* en los bosques nublados de Costa Rica y para *Plethodon elongatus* en los bosques de coníferas de Norte América (Vial 1968, Welsh 1990). No obstante, a pesar de tener valores estadísticamente significativos, nuestro bajo registro de salamandras no nos permite establecer una conclusión definitiva.

Entre los anfibios registrados, *B. orestes* fue la especie con menor abundancia relativa, lo cual coincide con lo observado por Wilson y McCraine (2003) en ensamblajes de anfibios de selvas nubladas hondureñas, donde los Caudata fueron el componente menos representado dentro del inventario de anfibios. Aunque nuestros valores de abundancia son bajos en relación con el esfuerzo realizado, podríamos considerar nuestros resultados como una medida conservadora del estado poblacional actual en Monte Zerpa. Sin embargo, esta baja densidad poblacional podría ser la consecuencia de dos posibles situaciones hipotéticas: *i*) dados los hábitos terrestres de *B. orestes*, es posible que haya ocurrido un sesgo en la obtención de datos como consecuencia de una búsqueda en las cercanías de las quebradas (3 m) y no en lugares más alejados del cauce principal, tal como parece suceder con algunas poblaciones de *B. spongai*, cuyas densidades tienden a ser más altas dentro de los bosques que en las cercanías de las quebradas (Sánchez D., Valera-Leal J. y F. Nava-González datos no publicados); *ii*) dadas las evidencias sobre las disminuciones poblacionales de algunos anfibios en los Andes venezolanos (La Marca *et al.* 2005, Lips *et al.* 2005), presumimos que nuestros resultados corresponden a un declive

poblacional de *B. orestes* como consecuencia de la perturbación del hábitat, sin descartar la posible incidencia del hongo *B. dendrobatidis* (e.g. Cummer *et al.* 2005), el cual parece estar ampliamente distribuido en la región (Lampo *et al.* 2008, Sánchez *et al.* 2008).

La dieta que registramos para *B. orestes* confirma sus hábitos terrestres e hipogeos, puesto que sus componentes corresponden principalmente a organismos que residen entre la hojarasca y el suelo; por lo tanto, presumimos que una modificación estructural del hábitat podría implicar una reducción de este parámetro ambiental y por tanto tener consecuencias significativas en la oferta de recursos alimentarios para esta especie. El hecho que la mayoría de los registros de la salamandra hayan sido realizados sobre la vegetación arbustiva (<1 m) y que los rubros de su dieta correspondan a organismos terrestres (Tabla 2) sugiere que *B. orestes* puede estar ocupando, tanto el sustrato epigeo como el hipogeo (sobre, dentro y por debajo de la hojarasca); lo cual concuerda con lo descrito para *B. subpalmata* y parcialmente con los hábitos de *B. pesrubra* (Vial 1968, Savage 2002). A pesar del bajo número de muestras fecales (n = 5), podemos establecer a modo de hipótesis que *B. orestes* es una especie de hábitos tróficos con tendencias oportunistas, debido a la marcada presencia de presas pequeñas y abundantes de la hojarasca en su dieta, tales como himenópteros (Formicidae), ácaros (Oribatidae) y pseudoescorpiones (Chernetiidae y Chthoniidae). De esta forma y sobre la base de nuestros resultados, concluimos que el análisis de muestras fecales debe ser considerado como una herramienta apropiada para el estudio de la dieta de este tipo de especie, debido a que prescinde del sacrificio y manipulación de los animales *in situ*.

Es importante considerar que la selva nublada de Monte Zerpa forma parte de un área declarada bajo régimen de administración especial para fines de conservación; sin embargo, durante los últimos años se ha evidenciado una marcada perturbación de origen antrópico. Probablemente nuestros resultados muestren la respuesta de las poblaciones de *B. orestes* ante dicho impacto. Por lo tanto, recomendamos mantener la preservación de esta unidad ecológica y continuar con un seguimiento apropiado de las poblaciones de anfibios de esta localidad. Aún cuando nuestro

estudio ha generado datos básicos sobre la ecología de *B. orestes*, consideramos necesario realizar estudios más detallados y continuos que permitan establecer con certeza su patrón abundancia, así como los posibles efectos que los cambios ambientales pudieran estar ocasionándole a sus poblaciones. Igualmente, consideramos que de comprobarse lo antes expuesto acerca de la sensibilidad de esta especie ante los cambios ambientales, tanto su presencia como su abundancia, podrían ser empleadas como indicadores de la calidad ambiental para las selvas nubladas de la Cordillera de Mérida.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos a: P. J. Soriano por permitirnos usar las instalaciones del Laboratorio de Ecología Animal A, Facultad de Ciencias, ULA; así como por su asesoramiento en todas las fases de desarrollo del proyecto. A Enrique La Marca por realizar la identificación taxonómica de la especie. A C.P. Ceballos-Fonseca, Francisco Nava, Dinora Sánchez y Javier Valera-Leal por sus valiosos comentarios sobre el escrito. Este trabajo fue financiando por el Fondo para Iniciativa de Especies Amenazadas (IEA) PROVITA-Conservación Internacional (convocatoria 2004-2005).

LITERATURA CITADA

- ATAROFF, M. y L. SARMIENTO. 2003. Diversidad en Los Andes de Venezuela. I Mapa de unidades Ecológicas del Estado Mérida. CD-ROM, Ediciones Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- BARRIO-AMORÓS, C. L., y R. O. FUENTES. 1999. *Bolitoglossa spongai* una nueva especie de salamandra (CAUDATA: PLETHODONTIDAE) de los andes Venezolanos, con comentarios sobre el genero en Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica* 19 (4): 9-19.
- BLAUSTEIN, A. R., L. K. BELDEN, D. H. OLSON, D. M. GREEN, T. L. ROOT, y J. M. KIESECKER. 2001. Amphibian breeding and climate change. *Conservation Biology* 15 (6): 1804-1809.
- BLAUSTEIN, A. R., y J. M. KIESECKER. 2002. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters* 5: 597-608.

- BLAUSTEIN, A. R., y B. A. BANCROFT. 2007. Amphibian population declines: evolutionary considerations. *BioScience* 57: 437-444.
- BORROR, D. J., C. A. TRIPLEHORN, y N. F. JOHNSON. 1992. *An Introduction to the Study of Insects*. 6a edition. Saunders College Publishing, New York.
- CADENAS D. A., F. NAVA, A. J. PÉREZ-SÁNCHEZ, R. PELAYO, G. BARRIOS, P. M. VILLA y A. URRUTIA. 2003. Utilización del hábitat en la comunidad de anuros de la selva nublada de Monte Zerpa. Mérida, Venezuela. Memorias Quinto Congreso Venezolano de Ecología. Universidad Central de Venezuela-SVE, Margarita -Venezuela.
- CHAPMAN, R. F. 1971. *The insects, structure and function*. American Elsevier Publishing Company, Inc., New York.
- CHATTIN, E., D. C. FORESTER, y J. W. SNODGRASS. 2007. Distribution of a rare salamander, *Eurycea junaluska*: Implications for past impacts of river channelization and impoundment. *Copeia* 4: 952-958.
- CUMMER, M. R., D. E. GREEN, y E. M. O'NEILL. 2005. Aquatic chytrid pathogen detected in terrestrial Plethodontid salamander. *Herpetological Review* 36 (3): 248-249.
- CUSHMAN, S. A. 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation* 128: 231-240.
- HERBECK, L. A., y D. R. LARSEN. 1999. Plethodontid Salamander Response to Silvicultural Practices in Missouri Ozark Forests. *Conservation Biology* 13 (3): 623-632.
- HICKS, N. G., y S. M. PEARSON. 2003. Salamander diversity and abundance in forests with alternative land use histories in the Southern Blue Ridge Mountains. *Forest Ecology and Management* 177 (1-3): 117-130.
- KIESECKER, J. M., A. R. BLAUSTEIN, y L. K. BELDEN. 2001. Complex causes of amphibian population declines. *Nature* 410 (6829): 681-684.
- LA MARCA, E., y J. E. GARCÍA-PÉREZ. 2004. *Bolitoglossa orestes*. In: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org> (revisado el 28 de Julio de 2009).
- LA MARCA, E., K. R. LIPS, S. LÖTTERS, R. PUSCHENDORF, R. IBÁÑEZ, J. V. RUEDA-ALMONACID, R. SCHULTE, C. MARTY, F. CASTRO, J. MANZANILLA-PUPPO, J. E. GARCÍA-PÉREZ, F. BOLAÑOS, G. CHAVES, J. A. POUNDS, E. TORAL, y B. E. YOUNG. 2005. Catastrophic Population Declines and Extinctions in Neotropical Harlequin Frogs (Bufonidae: Atelopus). *Biotropica* 37: 190-201.
- LAMPO, M., D. SÁNCHEZ, A. NICOLÁS, M. MÁRQUEZ, F. NAVA-GONZÁLEZ, C. GARCÍA, M. RINALDI, A. RODRÍGUEZ-CONTRERAS, F. LEÓN, B. A. HAN, y A. CHACÓN-ORTIZ. 2008. *Batrachochytrium dendrobatidis* in Venezuela. *Herpetological Review* 39 (4): 449-454.
- LIPS, K., P. BURROWES, J. MENDELSON, y G. PARRA-OLEA. 2005. Amphibian declines in Latin America: widespread population decline, extinctions, and impacts. *Biotropica* 37 (2): 163-165.
- LIPS, K., DIFFENDORFER J., MENDELSON J. y M. SEARS. 2008. Riding the wave: Reconciling the roles of disease and climate change in Amphibian declines. *Plos Biology* 6 (3) 441-453.
- LÖTTERS, S., E. LA MARCA, R. W. GAGLIARDO, C. J. SEÑARIS, y M. VEITH. 2005. Harlequin frogs back? Some thoughts and speculations. *Froglog* 70: 1-4.
- MAERZ, J. C., V. A. NUZZO, y B. BLOSSEY. 2009. Declines in Woodland Salamander Abundance Associated with Non-Native Earthworm and Plant Invasions. *Conservation Biology* in press.
- MANZANILLA, J., y J. E. PÉFAUR. 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. *Revista De Ecología Latinoamericana* 7 (1-2): 17-30.
- MARSH, D. M., y P. B. PEARMAN. 1997. Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of Leptodactylid frogs in an Andean montane forest. *Conservation Biology* 11 (6): 1323-1328.
- NAVA F., PÉREZ A. J., CADENAS D., PELAYO R., BARRIOS G., VILLA P. & URRUTIA A. 2003. Patrones espaciotemporales en la actividad reproductiva de *Hyalinobatrachium duranti* (Anura: Centrolenidae) en una selva andina venezolana. Memorias Quinto Congreso Venezolano de Ecología. Universidad Central de Venezuela-SVE, Margarita -Venezuela.
- OSUNA, E. 1995. Morfología del Exoesqueleto de los Insectos. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- PECHMAN, J. H., y H. M. WILBUR. 1994. Putting declining amphibian populations in perspective: Natural fluctuations and human impacts. *Herpetologica* 50: 65-84.
- PIÑERO, J. y P. DURANT. 1993. Dieta y hábitat de una comunidad de anuros de selva nublada en los Andes Merideños. *Ecotrópicos* 6(2): 1-9.

- POUNDS J. A., J. FOGDEN, y J. CAMPHELL. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398: 611-615.
- POUNDS, J. A., M. R. BUSTAMANTE, L. A. COLOMA, J. A. CONSUEGRA, M. P. FOGDEN, P. N. FOSTER, E. LA MARCA, K. L. MASTERS, A. MERINO-VITERI, R. PUSCHENDORF, S. R. RON, G. A. SÁNCHEZ-AZOFEIFA, C. J. STILL, y B. E. YOUNG. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439 (12): 161-167.
- QUINN, G. P., y M. J. KEOUGH. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press, New York.
- RODRIGUEZ, J. P., y F. ROJAS-SUAREZ (eds). 2008. Libro rojo de la fauna Venezolana. 3a edición. Provita y Shell Venezuela S.A., Caracas.
- SÁNCHEZ, D., A. CHACÓN-ORTIZ, F. LEÓN, B. A. HAN, y M. LAMPO. 2008. Widespread occurrence of an emerging pathogen in amphibian communities of the Venezuelan Andes. *Biological Conservation* 141: 2898-2905.
- SAVAGE, J. M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A herpetofauna between two continents, between two seas. University of Chicago Press. Chicago.
- SCHARGEL, W. E., J. E. GARCÍA-PÉREZ, y E. N. SMITH. 2002. A new species of *Bolitoglossa* (Caudata: Plhetodontidae) from the Cordillera de Mérida, Venezuela. *Proceedings of the biological society of Washington* 115 (3): 534-542.
- TRYON, R. M., y A. F. TRYON. 1982. Ferns and allied plants with special reference to tropical America. Springer, New York.
- VIAL, J. L. 1968. The ecology of the tropical salamander, *Bolitoglossa subpalmata*, in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 15: 13-115.
- VILLA, P. M., A. J. PÉREZ-SÁNCHEZ, R., PELAYO, D. A. CADENAS, A. URRUTIA, F. NAVA, y G. BARRIO. 2003. Abundance changes of an anuran community associated at climatic variables in a Venezuelan Andean cloud forest. *Memorias Quinto Congreso Venezolano de Ecología*. Universidad Central de Venezuela-SVE, Margarita -Venezuela.
- WELSH, J. R. 1990. Relictual amphibians and Old-Growth Forests. *Conservation Biology* 4 (3): 309-319.
- WHITAKER, J. O. Jr. 1988. Food habits analysis of insectivorous bats. Pp. 171-189, in: T.H. Kunz (ed.): *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press. Washington.
- WILSON L. D., y J. R. MCCRANIE. 2003. The herpetofauna of the cloud forests of Honduras. *Amphibian and Reptile Conservation* 3 (1): 34-48.
- YOUNG, B. E., K. R. LIPS, J. K. REASER, R. IBÁÑEZ, A. W. SALAS, J. R. CEDEÑO, L. A. COLOMA, S. RON, E. LA MARCA, J. R. MEYER, A. MUÑOZ, F. BOLAÑOS, G. CHAVES, y D. ROMO. 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology* 15 (5): 1213-1223

Recibido 31 de julio de 2009; revisado 13 de enero de 2010; aceptado 17 de marzo de 2010