

¿ESTÁN DECLINANDO TODOS LOS *ATELOPUS* DE ALTA MONTAÑA? EL CASO DE LAS RANAS ARLEQUÍN DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, COLOMBIA

HERNÁN DARÍO GRANDA RODRÍGUEZ^{1,3,4}, ADOLFO DEL PORTILLO MOZO¹, JUAN MANUEL RENJIFO² Y FEDERICO BOLAÑOS³

¹ Grupo de investigaciones en fauna y flora silvestre, Instituto de investigaciones tropicales, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

² Grupo de investigaciones en sistemática y ecología de anfibios y reptiles, Instituto de investigaciones tropicales, Universidad del Magdalena., Santa Marta, Colombia.

³ Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica.

Resumen: Durante las últimas dos décadas se ha reportado la disminución progresiva de las especies del género *Atelopus* en algunas áreas de América. Sin embargo, la información sobre la declinación de estos anfibios sigue siendo limitada en algunos países de la región. Basado en registros sobre presencia/ausencia y muestreos realizados durante 2006-2007, se evaluó el estado poblacional de *Atelopus laetissimus* y *A. nahumae* en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Asimismo, se determinó el impacto de algunos factores biológicos y ambientales sobre el estado poblacional de ambas especies en dos tipos de hábitats (bosque secundario con poca intervención y un bosque altamente intervenido). Los resultados indicaron que *A. laetissimus* y *A. nahumae* fueron abundantes en toda la zona de estudio (*A. laetissimus* =357 ind., *A. nahumae* =31 ind.). La mayor parte de los individuos fueron recolectados en el bosque secundario; esto sugiere que un ambiente menos impactado puede generar mejores condiciones para el desarrollo de estos anuros. Los datos históricos indican que las dos especies coexistieron en la Sierra Nevada de Santa Marta durante los últimos 30 años lo que, en conjunto con las abundancias detectadas en este estudio, reflejan la estabilidad de estas poblaciones. La relativa estabilidad climática y del hábitat de los últimos años podría explicar la alta abundancia observada en estas especies en la región. Nuestros resultados demuestran que no todas las especies de *Atelopus* de alta montaña están disminuyendo de forma simultánea.

Palabras claves: Amphibia, especies exóticas, cambio climático, estado poblacional, *Atelopus*, alteración del hábitat, Sierra Nevada de Santa Marta.

Abstract: H.D. Granda Rodríguez, A. Del Portillo Mozo, J.M. Renjifo and F. Bolaños "Are all high montane *Atelopus* declining? The case of harlequin frogs from Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia". During the last two decades a progressive decline in species of *Atelopus* has been reported in some areas of America. However, the information on declines of these amphibians is still limited in some countries of the region. Based on records on presence/absence and samplings made during 2006-2007, the population status of *Atelopus laetissimus* and *A. nahumae* was evaluated in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Likewise, the impact of some biological and environmental factors on the population status of both species in two types of habitats (secondary forest with little intervention and a highly disturbed forest) was determined. Results indicate that *A. laetissimus* and *A. nahumae* were abundant in the whole study area (*A. laetissimus* =357 ind., *A. nahumae* =31 ind.). The largest part of the individuals were collected in the secondary forest, suggesting that a less modified environment could generate better conditions to the development of these anurans. Historical data indicate that the two species coexisted in the Sierra Nevada de Santa Marta during the last 30 years, which, together with the detected abundances in this study reflect the stability of these populations. The relative climatic and habitat stability during the last years could explain the high abundance of these species in the region. Our results demonstrate that not all the species of high montane *Atelopus* are declining simultaneously.

Keywords: Amphibia, exotic species, climate change, population status, *Atelopus*, habitat alteration, Sierra Nevada de Santa Marta

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha detectado evidentes disminuciones, y en algunos casos extinciones, de poblaciones de anfibios a nivel

mundial (Stuart *et al.* 2004). Dichas disminuciones se han presentado en especies de todas las familias de anfibios, pero especialmente en aquellas asociadas con ambientes acuáticos en zonas montañosas (Pounds y Crump 1994; Lips 1998, 1999; Pounds *et al.* 2006). Estas

⁴ Send correspondence to / Enviar correspondencia a:
hernangrandar@gmail.com

repentinas desapariciones de especies montanas se notaron simultáneamente en varios países (La Marca y Reinthaler 1991, Pounds *et al.* 1997, Young *et al.* 2001, Ron *et al.* 2003).

En algunas regiones, muchas de las disminuciones se dieron en hábitats aparentemente prístinos, lo cual indica que los declives no pueden ser explicados sencillamente por la destrucción de hábitat y este patrón de desapariciones sugiere que varios factores globales, individualmente o en sinergia pueden estar involucrados. Dentro de las hipótesis que explican la declinación de estas poblaciones encontramos: (1) calentamiento global (Pounds *et al.* 2006, Di Rosa *et al.* 2007), (2) organismos patógenos (Berger *et al.* 1998), (3) introducción de especies (Young *et al.* 2001), y (4) radiación ultravioleta (Blaustein *et al.* 1994, Broomhall *et al.* 2000). Uno de los casos más llamativos es el de las ranas arlequines. Este género ha despertado gran interés para la comunidad científica, debido al declive poblacional que han sufrido algunas especies (La Marca *et al.* 2005). De las 81 especies descritas y 32 taxones por describir, 42 especies han experimentado disminuciones poblacionales, 61 especies con datos deficientes y solamente 10 especies mantienen poblaciones estables (La Marca *et al.* 2005, Lötters 2007). Lamentablemente, tres de esas especies que se describieron posterior a La Marca *et al.* (2005) se sugiere que están extintas (Savage y Bolaños 2009, Coloma *et al.* 2007). Sin embargo, la relación entre estos factores y la declinación de ciertas especies de *Atelopus* sigue siendo confusa, especialmente por la falta de antecedentes en otras especies.

En Colombia se ha reportado la mayor cantidad de especies de ranas arlequines ($n=45$, La Marca *et al.* 2005). Lamentablemente, muchas de estas especies se encuentran bajo algún grado de amenaza de extinción (IUCN *et al.* 2004). Doce de ellas, se consideran en franca disminución, tres poseen poblacionalmente estables y treinta especies no presentan datos poblacionales (La Marca *et al.* 2005). Si bien en Colombia ha aumentado el interés científico por los anfibios, aún falta información sobre su disminución en muchas regiones del país (Lynch y Grant 1997, Rueda-Almonacid *et al.* 2004, Rueda-Almonacid *et al.* 2005, Mueses-Cisneros, 2005).

En la Sierra Nevada de Santa Marta, existen 5 especies endémicas del género *Atelopus* (*A. arseycue*, *A. carrikeri*, *A. laetissimus*, *A. nahumae* y *A. walkeri*) las cuales están categorizadas como en peligro crítico (CR). Desde su determinación como especies, ninguna de ellas había sido reportada nuevamente en esta región. Sin embargo recientemente Carvajalino-Fernández *et al.* (2008) observaron varios ejemplares de *A. laetissimus* y *A. nahumae* en el sector de San Lorenzo y Rueda-Solano (2008) encontró individuos de *A. carrikeri* en la Serranía de Cebolleta, descartando así que estas especies hayan desaparecido como otras especies de *Atelopus*.

En el presente estudio se evaluó el estado poblacional de *A. laetissimus* y *A. nahumae*, dos especies de ranas arlequines de la Sierra Nevada de Santa Marta. Adicionalmente se analizó la variabilidad climática en la región durante los últimos 30 años y algunos factores ecológicos como la introducción de especies y alteración del hábitat para explicar el estado poblacional actual de estas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la Vereda de San Lorenzo, ubicada en el flanco noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Corregimiento de Minca, Departamento del Magdalena (11° 6' N y 74° 3' W). El área conforma un gradiente de altitud que va desde 2000 hasta 2300 msnm dentro de la zona de vida de bosque muy húmedo Montano Bajo (Espinal y Montenegro 1963). La precipitación media anual es de 2622 mm (DE = 498.3, $n = 38$ años) y temperatura media anual de 13.6 °C (DE = 0.5, $n = 38$ años). El régimen de precipitación tiene un patrón con tendencia tetraestacional (sensu Sarmiento 1986; véase Santiago-Paredes y La Marca 2007) con un primer aumento de precipitaciones entre abril mayo, seguido por un corto período de disminución de precipitación entre junio y julio (coincidente con el "veranillo de San Juan"; cf. Lynch 1986, García *et al.* 2007), seguido por un segundo aumento de precipitación entre agosto y septiembre, y por un período relativamente seco entre octubre y marzo (Fig. 1).

Las zonas donde se realizaron los muestreos fueron: la quebrada San Lorenzo (Fig. 2), en un bosque secundario poco intervenido (2300 msnm) ubicado en la zona de amortiguación del Parque Natural Nacional Sierra Nevada de Santa Marta y la estación biológica Betoma (Fig. 3), ambiente altamente intervenido ubicado a 2000 msnm en la Reserva Natural de Las Aves El Dorado. La separación de estos dos puntos es de aproximadamente 2 km en línea recta. La quebrada San Lorenzo se caracteriza por ser ligeramente inclinada, sotobosque poco expuesto a la incidencia de luz, con escasa visibilidad horizontal; la vegetación dominante incluye a representantes de las familias Chrysobalanaceae y Arecaceae (Cuadrado-Peña 2005). Betoma es una zona de potreros dominados por pastos con un alto grado de transformación de la cobertura vegetal original que incluye plantaciones exóticas como pinos (*Pinus* spp.) y eucaliptos (*Eucalyptus* spp.), con sus quebradas dispersas y expuestas a la radiación solar.

Método de muestreo

Entre agosto de 2006 y mayo de 2007, se ejecutaron muestreos en las horas 9:00-12:00 h, 14:00-17:00 h y 18:00-21:00 h mediante búsqueda por encuentro casual (Crump y Scott 1994). Se recolectaron manualmente los individuos encontrados; dos personas buscaron activamente en quebradas, hojarasca y vegetación en cada estación de muestreo (3 días por estación, rotando cada día y hora de búsqueda para no causar deterioro en el hábitat). A cada individuo se le registró datos morfométricos (longitud rostro-cloaca, LRC, y peso), hora de captura, microhábitat y actividad. Ningún ejemplar se sacrificó y cada uno se liberará al momento de ser tomados los datos morfológicos. Además, se tomaron en cuenta datos históricos de presencia-ausencia entre 1970-1994 de *A. nahumae* y *A. laetissimus* en diferentes localidades, los cuales fueron suministrados por la Colección de Herpetología del Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

VARIABLES CLIMÁTICAS

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica San Lorenzo (ubicada 11° 7' N y 74° 3' W, 2200 msnm), suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), para un periodo de 38 años (1969-2006). Para los análisis climáticos se tomó precipitación media anual y mensual, temperatura media anual y mensual y días sin precipitación.

ANÁLISIS DE DATOS

La abundancia relativa se calculó como el número de individuos en cada muestra con respecto al esfuerzo de captura expresada en individuos/horas/persona (Ind/h/pers. tomado y modificado de Lips 1999). Para la comparación de los individuos encontrados en las dos localidades de estudio se realizó una prueba no-paramétrica de U Mann-Whitney para dos muestras independientes. Con el fin

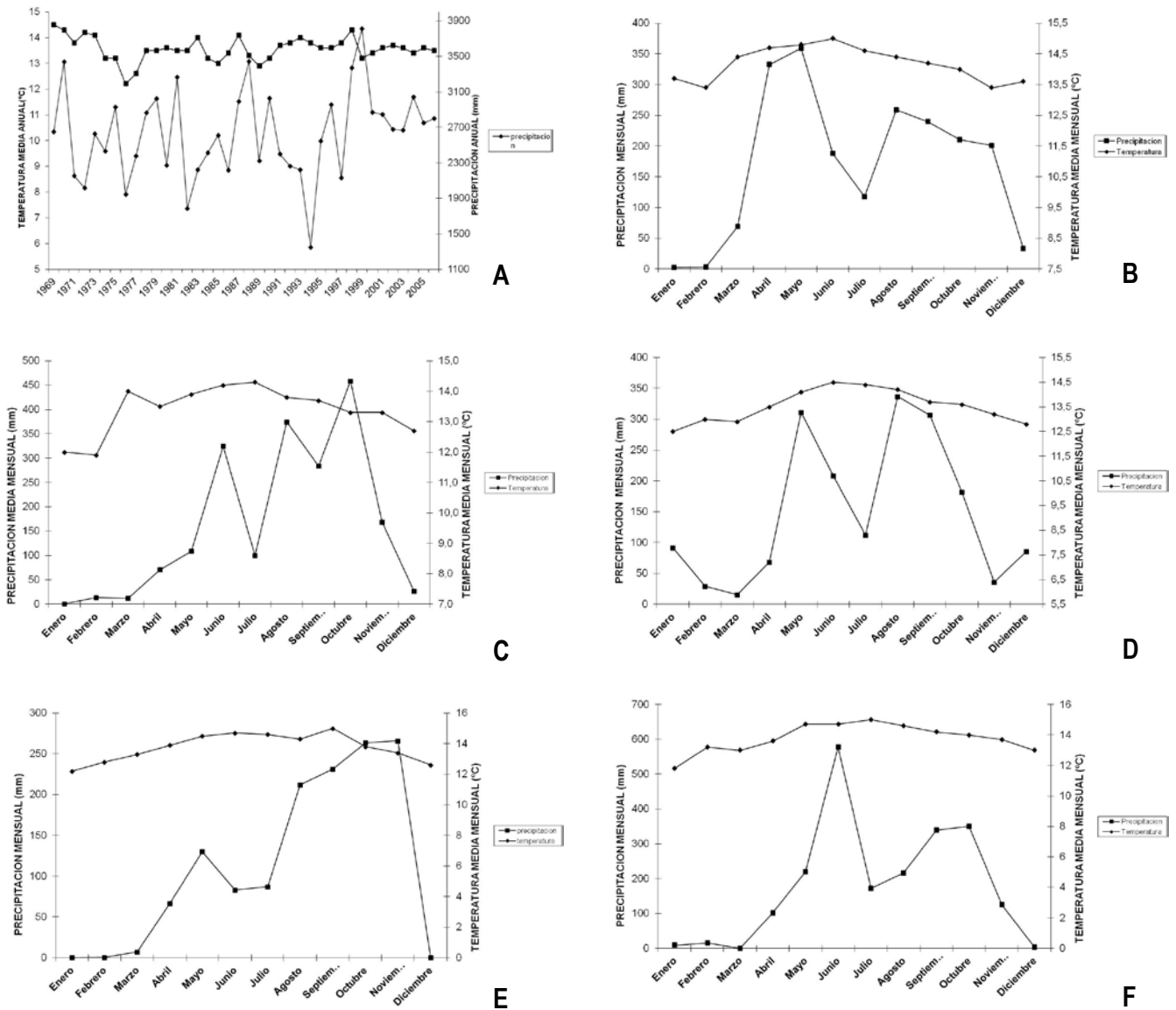


FIG. 1. (A) Precipitación anual y temperatura media anual del sector San Lorenzo, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, para el período comprendido entre los años 1969 y 2006. (B) Precipitación mensual y temperatura media mensual del año atípico 1972. (C) Precipitación mensual y temperatura media mensual del año atípico 1976. (D) Precipitación mensual y temperatura media mensual del año atípico 1982. (E) Precipitación mensual y temperatura media mensual del año atípico 1994. (F) Precipitación mensual y temperatura media mensual del año atípico 1997.

(A) Annual precipitation and mean annual temperature for San Lorenzo sector, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, for the period between years 1969 and 2006. (B) Monthly precipitation and monthly average temperature for atypical year 1972. (C) Monthly precipitation and monthly average temperature for atypical year 1976. (D) Monthly precipitation and monthly average temperature for atypical year 1982. (E) Monthly precipitation and monthly average temperature for atypical year 1994. (F) Monthly precipitation and monthly average temperature for atypical year 1997.



FIG. 2. Vista de Quebrada San Lorenzo, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

View of Quebrada San Lorenzo, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

de determinar si había una tendencia de aumento en las variables Climáticas (Precipitación, Temperatura y Días sin Precipitación), en el periodo 1969-2006, se realizó una correlación lineal simple. Se realizó una prueba exacta de Fisher para ver si una variable es independiente de la otra: Precipitación vs Temperatura, Precipitación vs Días Secos y Temperatura vs Días Secos.

RESULTADOS

Para *A. laetissimus* (Fig. 4) se observaron 357 individuos, 14 hembras y 343 machos, siendo esta especie muy común (Tabla 1). En los primeros muestreos (agosto, octubre y noviembre de 2006) sólo se observaron 51 individuos en dos localidades, encontrándose la mayor abundancia relativa en agosto (0.62 Ind/h/pers) en la quebrada San Lorenzo (Tabla 1). En abril y mayo de 2007 se registraron 306 individuos de esta especie, encontrándose la mayor abundancia relativa en mayo (5 Ind/h/pers) en la quebrada San Lorenzo. Los datos históricos de presencia-ausencia para los años entre 1970 y 1994 muestran que esta especie estuvo presente en tres localidades: San Lorenzo (24 Ind.), San Pedro de la Sierra (14 Ind.) y Alto río Buritaca (1 Ind.); esta última zona ubicada en el sector norte de la Sierra Nevada de Santa Marta (Tabla 2). Para *A. nahumae* se observaron 31 individuos, 8 hembras y 17 machos. La abundancia relativa para esta especie ha sido muy baja comparada con la de *A. laetissimus*, encontrándose la mayor en abril de 2007 en la quebrada San Lorenzo (0.34 Ind/h/pers en 15 horas de búsqueda; Tabla 1) y la más baja en la localidad de Betoma. Los datos históricos de presencia-ausencia muestran que esta especie estuvo presente en dos localidades, San Lorenzo (12 Ind.) y San Pedro de la Sierra (11 Ind.) sector noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, entre 1970-1994 (Tabla 2).

En cuanto a las dos zonas de estudio, se halló que en la quebrada San Lorenzo se encontró el 82.7 % del total de individuos

(tanto para *A. laetissimus* y *A. nahumae*) y en Betoma el restante 17.3 %. Se determinó que existe una diferencia estadística significativa entre las dos localidades para las poblaciones de *A. laetissimus* ($Z=14.5$, $p<0.001$, $n=26$; U Mann-Whitney) y *A. nahumae* ($U=0.0$, $p=0.029$, $n=8$; U Mann-Whitney).

Análisis climático

La precipitación y la temperatura media anual de San Lorenzo se presentan en la Figura 1. La precipitación media anual fue de 2622 mm ($DE=498,3$, $n=38$). Los años más secos fueron 1972 (2015 mm) y 1976 (1942 mm). Detectamos que 1972 fue un año irregular, debido a que tuvo cuatro meses secos (enero, febrero, marzo y diciembre), y durante el periodo húmedo de abril-noviembre, se presentaron unos picos de aumento entre abril y mayo y luego descendió entre junio y julio, y en los meses de agosto a noviembre estuvieron muy por debajo de la media mensual (Fig. 5). Para 1976 se observa una anomalía en los primeros 5 meses, cuando las lluvias entraron 5 meses tarde, además en el mes de julio estuvo muy por debajo de su media mensual; este año presentó 7 meses con poca precipitación, con un valor total anual de (Fig. 6). El año 1982 presentó una tendencia tetraestacional bimodal, con dos picos, uno en mayo y otro en agosto; la precipitación total



FIG. 3. Vista de Betoma, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.
View of Betoma, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

anual estuvo muy por debajo de la media anual (1782 mm, Fig. 7). 1994 fue el año más seco entre 1969-2006, con una precipitación total de 1346 mm, muy por debajo de la media y todos sus meses estuvieron por debajo de la media mensual (Fig. 8). Durante 1997 hubo un comportamiento muy irregular en el mes de junio, con precipitaciones muy altas y meses como, abril, mayo, julio, agosto y noviembre, con poca precipitación; este año registró un valor total anual de 2163 mm (Fig. 9). Si bien se observaron algunos cambios en la precipitación, esta no presentó una tendencia de aumento o disminución ($r=0.187$, $n=38$, $p=0.797$), si no que esta variable adoptó una forma cíclica, con ciclos que se van haciendo más grandes (Fig. 1). Al analizar la diferencias que cada año tiene con el promedio, se encontró que 18 años están por debajo de la media y 20 años están por encima, mostrando que no existen diferencias significativas ($\chi^2=0.105$, $p=0.746$, gl 1, Fig. 10). La temperatura media anual fue de 13.6 °C (DE=0.5, $n=38$). Los años más cálidos fueron 1969 (14.5 °C y precipitación 2650 mm), 0.9 °C por encima de la media, 1970 (14.3 °C y precipitación 2650 mm), 1972 (14.2 °C y precipitación 2015 mm), 1973 (14.1 °C y precipitación 2627 mm), 1983 (14.0 °C y precipitación 2220 mm), 1987 (14.1 °C y precipitación 2650 mm), 1993 (14.0 °C y precipitación 2221 mm), 1998 (14.3 °C y precipitación 3370 mm). De acuerdo con estos resultados, la mayoría de los años más cálidos fueron bastantes lluviosos, excepto 1972, 1983 y 1993, años que coincidieron con el fenómeno del El Niño/Oscilación del sur (Capel 1999). Aunque ha habido algunos años cálidos, no fueron suficientes para marcar una tendencia de aumento en la temperatura media anual para el periodo 1969-2006 ($r=-0.035$, $n=38$, $p=1.000$; Fig. 1). En cuanto a la diferencia que cada año tiene con respecto al promedio, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($\chi^2=0.105$, $p=0.746$, gl 1, Fig. 11); 18 años están por debajo de la media y 20 años están por encima. El promedio de días sin lluvias en San

Lorenzo fue de 172 (DE=22, $n=38$). Siendo los años con menos lluvia 1982 (213 días), 1983 (199 días), 1991 (196 días), 1994 (227 días), 1997 (227 días) (Fig. 12). No se presentó una tendencia de aumento para esta variable en el periodo 1969-2006 ($r=0.101$, $n=38$, $p=1.000$) y no se encontraron diferencias en cuanto a los años por debajo (21 años) y por encima (17 años) del promedio ($\chi^2=0.421$, $p=0.516$, gl 1, Fig. 13). Los años con menos días de precipitación coinciden con los años más secos ($p=0.003$, prueba de Fisher); entre más lluvia, menos días secos. No se presentó relación alguna entre días secos y temperatura ($p=0.210$, prueba de Fisher), ni entre temperatura y precipitación ($p=0.757$, prueba de Fisher).

DISCUSIÓN

De acuerdo con nuestros resultados, se registraron en total 357 individuos de *A. laetissimus* y 31 individuos de *A. nahumae*, mostrando la primera especie una frecuencia de observación alta con relación a la segunda especie. La mayor abundancia relativa para *A. laetissimus* se registró entre abril y mayo de 2007 (5.02 ind/h/pers). Quizás estos resultados se deban a que la mayoría de los individuos en reproducción se encontraron en estos meses y es conocido que para el género *Atelopus* en época reproductiva se observan abundantes individuos en apareamiento (Lötters 1996). Al igual que en el caso de *A. laetissimus*, en *A. nahumae* la mayor abundancia relativa se determinó entre abril y mayo de 2007 (0.33 ind/h/pers). Los registros históricos demostraron que *A. laetissimus* y *A. nahumae* estuvieron presentes en La Sierra Nevada de Santa Marta entre 1970-1994. Adicionalmente, esta última especie fue reportada por Granda *et al.* (2008a) para el sector suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, cuando la misma sólo se conocía para el sector noroccidental. Aunque no se tienen datos históricos de abundancia para comparar tendencias poblacionales, los datos

TABLA 1. Abundancia relativa (horas de muestreo) de *Atelopus laetissimus* y *Atelopus nahumae* mediante búsqueda por encuentro casual en dos localidades en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

TABLE 1. Relative abundance (sampling times) of *Atelopus laetissimus* and *Atelopus nahumae* by visual encounter survey in two localities in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

Sitio	Fecha	<i>A. laetissimus</i>		<i>A. nahumae</i>	
		Individuos	Abundancia (Ind/h/pers)	Individuos	Abundancia (Ind/h/pers)
Qda. San Lorenzo	1 – 9 / ago 2006	28	0,62 (15h)	4	0,09 (15h)
	31 oct- 5 nov / 2006	17	0,38 (15h)	5	0,12 (15h)
	17 – 25 / abr / 2007	100	3,34 (15h)	10	0,34 (15h)
	18 - 23 / may / 2007	150	5 (15h)	7	0,23 (15h)
Betoma	1 – 9 / ago / 2006	2	0,05 (15h)	1	0,03 (15h)
	31 oct- 5 nov / 2006	4	0,09 (15h)	1	0 (18h)
	17 – 25 / abr / 2007	27	0,9 (15h)	0	0,10 (15h)
	18 - 23 / may / 2007	29	0,97 (15h)	3	

recientes y los datos históricos de presencia-ausencia demuestran que estas especies no han sufrido una aparente disminución poblacional.

Alteración de hábitat e introducción de especies.

La mayoría de las observaciones de individuos de *A. laetissimus* y *A. nahumae* se registraron en la quebrada San Lorenzo, tal vez dada la poca intervención humana que tiene la quebrada. Esto ha permitido que el bosque mantenga una cobertura vegetal densa que impide la acción directa del sol, manteniendo un ambiente húmedo en los estratos bajos, ofreciendo así protección contra la desecación.

Teniendo elementos de bosque maduro y bosque joven, permite una mayor diversidad de microhábitats y de recursos que un bosque altamente intervenido como el de Betoma, que presenta asociado a sus quebradas un bosque joven, en una matriz de pastizales y plantaciones de pino (Granda *et al.* 2008b). Según Granda *et al.* (2008b) la quebrada San Lorenzo muestra condiciones óptimas para la reproducción de *Atelopus*, debido a que presenta un mayor caudal y flujo rápido de agua, lo cual permite una buena oxigenación para el desarrollo de las larvas de *A. laetissimus*. Por el contrario, Betoma tiene sus quebradas expuestas al sol directamente y separadas por potreros, con una disminución acentuada del caudal y que en

época de sequía experimentan desecamiento, con un efecto directo y negativo sobre el reclutamiento a través de la mortalidad de larvas.

Si bien se encontró una mayor abundancia de individuos en la quebrada San Lorenzo, por ser un lugar más conservado que le brinda a esta especie una excelente zona de reproducción, cabe resaltar que *A. laetissimus* esta especie ha sido capaz de sobrevivir por varias generaciones en bosques altamente degradados por agro cultivos como los presentes en Betoma, ya que esta zona ha sido modificada desde 1910 para la producción de ganado y monocultivos (Ardila-Robayo 1979). Según La Marca *et al.* (2005) la alteración y destrucción de hábitat no es el factor principal en el decline del género *Atelopus*, debido a que las disminuciones también han ocurrido en hábitats sin aparente modificación (Pounds y Crump 1994, Ron *et al.* 2003) y en algunos casos hay ciertas especies de *Atelopus* que pueden tolerar alto nivel de degradación de hábitat. Uno de estos casos fue el de *A. ignescens*, la cual era abundante en zonas bastante deterioradas cerca de Quito (Ecuador) para 1967 y 1981, antes de que desapareciera (Ron *et al.* 2003). Sin embargo, observaciones que realizamos en la reserva El Dorado (Betoma), y a menos de 500 m de la quebrada San Lorenzo, donde se encuentra establecida una área de bosque exótico de pino patula (*Pinus patula*) plantado en 1970 (www.proaves.org), reveló la ausencia de las dos especies de *Atelopus* y sólo registramos individuos de *Pristimantis* spp. y *Geobatrachus walkeri*. Aunque no se sabe con certeza hasta



FIG. 4. Ejemplar adulto de *A. laetissimus* de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.
Adult specimen of *A. laetissimus* from Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

que punto puedan tolerar las poblaciones de *A. laetissimus* y *A. nahumae* la fragmentación y alteración del hábitat, es necesario adelantar estudios a largo plazo sobre la variación temporal del tamaño poblacional, eventos demográficos y reclutamiento, para así proveer información detallada de disminuciones poblacionales y riesgos biológicos que pueda correr esta especie.

Quizás otra razón de las buenas condiciones poblacionales que guardan *A. laetissimus* y *A. nahumae* puede venir de la no presencia de especies exóticas depredadoras tales como la trucha (*Onchorhynchus* sp. y *Salmo* sp.) y la rana toro (*Lithobates catesbeianus*), las cuales no se hallaron en el sector de San Lorenzo, y que han sido consideradas como causas en el declive de los anfibios (La Marca y Reinthaler 1991, Young *et al.* 2001, Ron *et al.* 2003).

Análisis climático

El análisis realizado a partir de los registros de la estación climatológica de San Lorenzo reveló la existencia de años anormalmente secos y cálidos para el periodo comprendido entre 1969-2006. Correspondiendo los años secos a 1972, 1976, 1982, 1994 y 1997 y los años más cálidos a 1969, 1970, 1972, 1973, 1983, 1987, 1993 y 1998. De estos años, 1972, 1973, 1987, 1997 y 1998 coinciden con la ocurrencia del Fenómeno de El niño (Capel 1999, García *et al.* 2007). Si bien se han presentado algunos años secos en Sector de San Lorenzo, estos no han sido consecutivos ni muy fuertes, ya que años con menos lluvias fueron seguidos de años con abundante precipitación. En lugares montañosos similares a San Lorenzo en el Neotrópico donde se han presentado cambios climáticos fuertes, tales como en los Andes de Venezuela y de

Ecuador, en la Reserva Monteverde en Costa Rica, y en Panamá, se ha relacionado períodos secos consecutivos con el decline de especies de *Atelopus* (Pounds y Crump 1994, Lips 1999, Ron *et al.* 2003, García *et al.* 2007). Los eventos de máxima sequía pueden ser responsables de sinergias entre la fisiología de los anfibios, su susceptibilidad hacia agentes patógenos, potencial deshidratación e incluso afectan el reclutamiento de una especie (García *et al.* 2005, Santiago-Paredes y La Marca, 2007).

En cuanto a los análisis encontrados en este estudio se infiere que la temperatura media anual en San Lorenzo, no ha habido un aumento significativo en las últimas décadas. A nivel mundial la temperatura se ha incrementado en promedio 0.5 °C para las décadas de los años 80 y 90 del siglo pasado (Hassellmann 1997), y según Hulme y Sheard (1999) en algunas regiones de países de los Andes del norte (Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú), la temperatura se ha incrementado alrededor de 0.8 °C y algunos sitios de Ecuador donde habitaba *Atelopus ignescens* la temperatura media anual ha aumentado 2 °C para esas mismas décadas (Ron *et al.* 2003).

Tal vez una razón de que las especies de montaña *A. laetissimus* y *A. nahumae* no hayan disminuido como otras especies de *Atelopus* en Venezuela, Colombia, Ecuador, Costa Rica y Panamá, pueda deberse a que no se ha presentado en el sector de San Lorenzo de la Sierra Nevada de Santa Marta cambios climáticos fuertes para el período 1969-2006.

Debido a que el cambio climático, la introducción de especies y la destrucción de hábitat parecen no haber afectado las poblaciones de *A. laetissimus* y *A. nahumae*, su persistencia en el tiempo podría deberse a la ausencia del hongo quitridio *Batrachochytrium dendrobatidis* en el sector de San Lorenzo o a una mayor resistencia

TABLA 2. Datos históricos de presencia-ausencia de *Atelopus laetissimus* y *Atelopus nahumae* en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.
TABLE 2. Historical data for presence or absence of *Atelopus laetissimus* and *Atelopus nahumae* in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

Sitio	Fecha	<i>A. laetissimus</i>	<i>A. nahumae</i>
		Individuos	Individuos
San Lorenzo	5 / oct / 1970	6	5
	27/ jul / 1972	4	--
	abr 1994	14	3
	11 / abr/ 1977	--	4
San Pedro de la Sierra	24/ may/ 1975	1	--
	27 / may / 1992	4	1
	26 /abr/ 1994	9	10
Alto valle del río Buritaca	13 / ago / 1977	1	--

a la enfermedad por parte de los individuos. Para poner a prueba esta hipótesis, es necesario realizar investigaciones sobre la presencia del hongo quitridio en la Sierra Nevada de Santa Marta.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias a la financiación de las fundaciones Conservación Internacional Colombia y Fundación Omacha, Bogotá, Colombia. Los autores desean expresar su agradecimiento a Carlos Villa, Cesar Molina, Enrique La Marca, Fernando Castro, María Paz Consuegra, Patricio Hernández, Pablo Masis Holdridge y Stephan Lötters por sus valiosos comentarios y sugerencias para el manuscrito. A John Lynch por permitirnos revisar las muestras de museo en el Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional

de Colombia. Hacemos llegar nuestro sincero agradecimiento a la Unidad Administrativa Especial Sistema de Parques, Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta, por los permisos concedidos.

REFERENCIAS

- Ardila-Robayo, M.C. 1979.** Status sistemático del género *Geobatrachus* Ruthven 1915 (Amphibia: Anura). *Caldasia* 12:383-496.
- Berger, L., R. Speare, P. Daszak, D.E. Green, A.A. Cunningham, C.L. Goggin, R. Slocombe, M.A. Ragan, A.D. Hyatt, K.R. McDonald, H.B. Hines, K.R. Lips, G. Marantelli y H. Parkes. 1998.** Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated

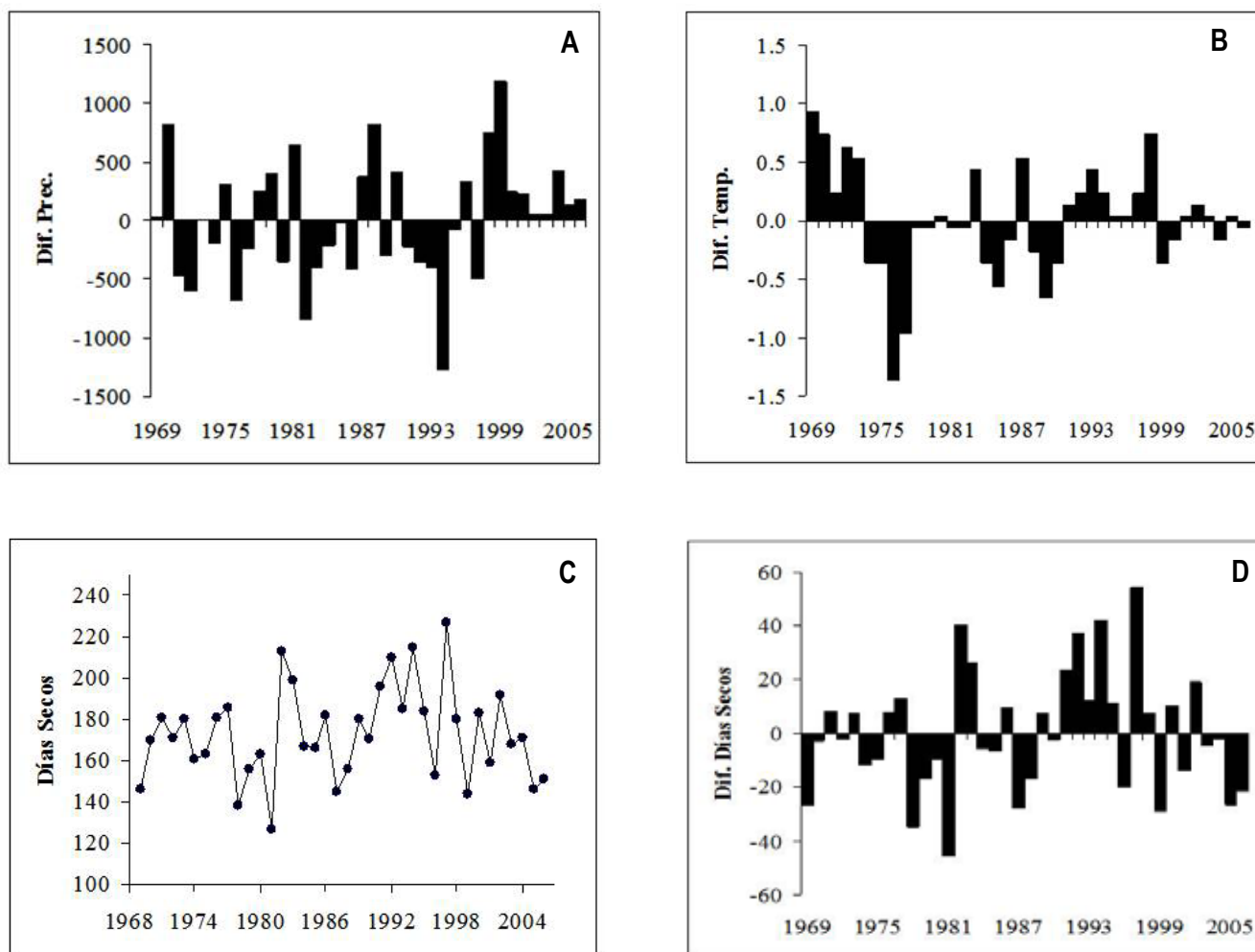


FIG. 5. (A) Diferencias de precipitación que cada año tiene con relación al promedio. (B) Diferencias de temperatura que cada año tiene con relación al promedio. (C) Números de días sin lluvias en el sector de San Lorenzo, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. (D) Diferencias de días secos que cada año tiene con relación al promedio.

(A) Differences of precipitation that each year has in relation to the average. (B) Temperature differences that each year has in relation to the average. (C) Number of days without rain in the San Lorenzo sector, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. (D) Differences of dry days that each year has in relation to the average.

- with population declines in the rainforest of Australia and Central America. *Proceedings Natural Academy Sciences, U.S.A.*, 95:9031-9036.
- Blaustein, A.R., P.D. Hoffman, D.G. Hokit, J.F. Kiesecker, S.C. Walls y J.B. Hays. 1994.** UV repair and resistance to solar UV-B in amphibian eggs: a link to population declines? *Proceedings Natural Academy Sciences, U.S.A.*, 91:1791-1795.
- Broomhall, S.D., W.S. Osborne y R.B. Cunningham. 2000.** Comparative effects of ambient ultraviolet-B radiation on two sympatric species Australian frog. *Conservation Biology* 14:420-427
- Capel, J. 1999.** El Niño y el Sistema Climático Terrestre. Ariel S.A. Barcelona-España. 154 pp.
- Carvajalino-Fernández, J.M., B. Cuadrado-Peña y M.P. Ramírez-P. 2008.** Registros adicionales de *Atelopus nahumae* y *Atelopus laetissimus* para la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Actualidades Biológicas (Medellin)* 30(88):97-103.
- Coloma, L.A., S. Lötters, W.E. Duellman y A. Miranda-Leiva. 2007.** A taxonomic revision of *Atelopus pachydermus*, and description of two new (extinct?) species of *Atelopus* from Ecuador (Anura: Bufonidae). *Zootaxa* 1557:1-32.
- Crump, M.L. y N.J. Scott. 1994.** Standard techniques for inventory and monitoring. Pp. 77-171. *En: Heyer, M. A., R.W. Donnelly, L.A. McDiarmid, C. Hayek & M.S. Foster. (eds). Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians.* The Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 364 pp.
- Cuadrado-Peña, B.J. 2005.** Estructura y composición florística del bosque ripario de la cuenca del río Gaira. Tesis de Grado, inédita. Universidad del Magdalena. 180 pp.
- Di Rosa I., F. Simoncelli, A. Fagotti y R. Pascolini. 2007.** The proximate cause of frog declines? *Nature* 447:E3-E4.
- Espinal, L.S. y E. Montenegro. 1963.** Formaciones Vegetales de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.
- García I.J., R. Albornoz y E. La Marca. 2007 (“2005”).** Perturbaciones climáticas y disminución de *Atelopus oxyrhynchus* (Amphibia: Anura) en los Andes de Venezuela. *Herpetotropicos* 2:63-71.
- Granda-Rodríguez, H.D., A. Del Portillo-Mozo y J.M. Renjifo. 2008a.** Range extension of the harlequin frog *Atelopus nahumae* (Anura: Bufonidae). *Herpetotropicos* 4(2):85-86.
- Granda-Rodríguez, H.D., A. Del Portillo-Mozo y J.M. Renjifo. 2008b.** Uso de hábitat en *Atelopus laetissimus* (Anura: Bufonidae) en una localidad de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Herpetotropicos* 4(2):87-93.
- Hanselmann, R. 1997.** Are we seeing global warming? *Science* 276:914-915.
- Hulme, M. y N. Sheard. 1999.** Escenarios de Cambio Climático para Países de los Andes del Norte, Unidad de Investigación Climática, Norwich, Reino Unido, 6 pp. Disponible en: <http://www.cru.uea.ac.uk/%7Emikeh/research/andes.pdf>
- IUCN, Conservation International y NatureServe. 2004.** Global amphibian assessment. <http://www.globalamphibians.org>. Acceso enero de 2012.
- La Marca, E. y H.P. Reinhaller. 1991.** Population changes in *Atelopus* species of the Cordillera de Mérida, Venezuela. *Herpetological Review* 22:125-128.
- 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.
- Lips, K.R. 1998.** Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conservation Biology* 13:106-117.
- Lips, K.R. 1999.** Mass mortality and population declines of anurans at an upland site in western Panama. *Conservation Biology* 13:117-125.
- Lötters, S. 1996.** The Neotropical Toad Genus *Atelopus*. Vences y Glaw Koln, Germany. 143 pp.
- Lötters, S. 2007.** The fate of the harlequin toads - help through a synchronous multidisciplinary approach and the IUCN ‘Amphibian Conservation Action Plan’. *Mitteilungen Museum für Naturkunde Berlin*, 83:69-73.
- Lynch, J.D. 1986.** Notes on the reproductive biology of *Atelopus subornatus*. *Journal of Herpetology* 20(1):126-129.
- Lynch, J.D. y T. Grant. 1997.** Dying frogs in western Colombia: Catastrophe or trivial observation? (Ranas muertas o moribundas en el occidente de Colombia: ¿catástrofe u observación trivial?). *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 22:149-152.
- Mueses-Cisneros, J.J. 2005.** Crítica a la asignación de la categoría de amenaza de *Gastrotheca ruizii* (Amphibia: Anura: Hylidae). *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 111:303-308.
- Pounds, J.A. y M.L. Crump. 1994.** Amphibian declines and climate disturbance: The case of the golden toad and the harlequin frog. *Conservation Biology* 8(1):72-85.
- Pounds, J.A., M.R. Bustamante, L.A. Coloma, J.A. Consuegra, M.P.L. Fogden, P.N. Foster, E. La Marca, K.L. Masters, A. Merino-Viteri, R. Puschendorf, S.R. Ron, G.A. Sanchez-Azofeifa, C.J. Still y B.E. Young. 2006.** Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439:161-167.
- Ron, S.R., W.E. Duellman., L.E. Coloma y M. Bustamante. 2003.** Population decline of the Jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Conservation Biology* 12:106-117.
- Rueda-Almonacid, J.V., J.D. Lynch y A. Amezcua (eds). 2004.** Libro Rojo de Anfibios de Colombia. Serie libro rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales- Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 384 pp.
- Rueda-Almonacid, J.V., J.V. Rodríguez-Mahecha, E. La Marca, S. Lötters, T. Kahn y A. Angulo. 2005.** Ranas Arlequines. Conservación Internacional, Bogotá-Colombia. 158 pp.
- Rueda-Solano, L.A. 2008.** Colorful harlequin frog re-discovered in Colombia. *Froglog* 86:1-2.
- Santiago-Paredes, S. y E. La Marca. 2007 (“2006”).** Comportamiento del clima a finales del siglo XX en los altos Andes venezolanos

- y el declive de *Atelopus mucubajensis*. *Herpetotropicos* 3:7-20.
- Sarmiento, G. 1986.** Los principales gradientes ecoclimáticos en los Andes tropicales. Pp. 47-64 *In* Anales del IV congreso Latinoamericano de Botánica. 29 de junio al 5 de julio de 1986. Medellín, Colombia.
- Savage, J. M. y F. Bolaños. 2009.** An enigmatic frog of the genus *Atelopus* (Family Bufonidae) from Parque Nacional Chirripó, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 57(1-2):381-386.
- Stuart, S.N., J.S. Chanson, N.A. Cox, B.E. Young, A.S.L. Rodrigues, D.L. Fischman y R.W. Waller. 2004.** Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306:1783–1786.
- 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* 15:1213–1223.