

USO DE HÁBITAT EN *ATELOPUS LAETISSIMUS* (ANURA: BUFONIDAE) EN UNA LOCALIDAD DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, COLOMBIA

HERNÁN DARÍO GRANDA-RODRÍGUEZ^{1,2,3}, ADOLFO DEL PORTILLO-MOZO^{1,2} y JUAN MANUEL RENJIFO^{1,2}

¹ Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Magdalena, A.A. 1690, 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.

Resumen: *Atelopus laetissimus*, especie categorizada como en Peligro Crítico (CR) según criterios de la lista roja de la UICN, es un bufónido que habita quebradas y ríos en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Con el propósito de conocer mejor esta especie para su conservación, se determinó el uso de microhábitats tanto en el día como en la noche; conjuntamente se comparó el tamaño poblacional de *A. laetissimus* en dos tipos de hábitats, uno altamente intervenido y otro con poca intervención humana. En total se hizo 357 observaciones de *A. laetissimus*, 343 con machos y 14 con hembras; no se observó ningún individuo juvenil. Los resultados muestran que los machos de *A. laetissimus* usan diferencialmente los sustratos disponibles, encontrándose con mayor frecuencia sobre rocas y hojarasca en las horas diurnas y en las horas nocturnas se encuentran sobre hojas de plantas. A medida que se aproxima la noche, los machos y hembras de *A. laetissimus* realizan un cambio de posición en cuanto a la utilización de sustratos; pasan del suelo a trepar para buscar sus sitios de descanso. Los machos de *A. laetissimus* en las diferentes épocas de muestreo se encontraron cerca de quebradas, a diferencia de las hembras que, mientras no hubo apareamientos, se observaron más hacia el bosque. Finalmente, este estudio demuestra que los individuos de *A. laetissimus* se encuentran más frecuentemente en bosques poco intervenidos, porque la densa cobertura vegetal y la baja incidencia de luz solar directa produce la atmósfera húmeda necesaria para protección contra desecación. Adicionalmente, los elementos de bosque maduro y bosque joven permiten una mayor diversidad de microhábitats y condiciones óptimas para reproducción. Los machos de *A. laetissimus*, en diferentes tiempos de muestreo, fueron encontrados cerca de las quebradas; al contrario de las hembras, que fueron encontradas por las quebradas en abril y mayo, durante la época de reproducción, mientras que se hallaron hacia el bosque en otros meses.

Palabras Clave: Sierra Nevada de Santa Marta, San Lorenzo, Bufonidae, *Atelopus laetissimus*, microhábitat, actividad.

Abstract: H.D. Granda-Rodriguez, A. Del Portillo-Mozo and J.M Renjifo. "Habitat use in *Atelopus laetissimus* (Anura: Bufonidae) in a locality of the Sierra Nevada of Santa Marta, Colombia". The harlequin frog *Atelopus laetissimus*, a species categorized as critically endangered (CR) by the red list criteria of IUCN, is a bufonid which lives along streams and rivers in mountainous areas of the northwestern sector of the Sierra Nevada of Santa Marta, Colombia. With the purpose of better understanding the species for its conservation, we determined the microhabitat use and position during day and night; we also made a comparison of the population size of *A. laetissimus* in two types of habitats, a highly intervened one and another with little human intervention. A total of 357 observations were made for *A. laetissimus*, 343 males and 14 females; not a single juvenile was observed. The results show that, in *A. laetissimus*, the more often used substrates during the day were rocks and decaying leaves, and in the evening, they used leaves of plants. As the night approaches, individuals of *A. laetissimus* have a change of position on the use of substrates (ferns, leaves, decaying leaves, branches, rocks, bromeliads, low trunks and moss), leaving the ground and climbing to find their resting sites. Finally, this study shows that *A. laetissimus* are more abundant in low intervened forests, because the dense vegetation cover and low incidence of direct sunlight produces the humid atmosphere needed for the protection against desiccation. Additionally, having the elements of mature forest and young forest allows greater diversity of microhabitat and optimal conditions for reproduction. The males of *A. laetissimus*, at different times of sampling, were found near streams; unlike the females, that were found by the streams during April and May, the time for reproduction, and towards the forest in other months.

Key Words: Sierra Nevada of Santa Marta, San Lorenzo, Bufonidae, *Atelopus laetissimus*, microhabitat, activity.

INTRODUCCIÓN

El género *Atelopus* pertenece a la familia Bufonidae, con 83 especies descritas (Löters 1996, La Marca *et al.* 2005, Frost 2008). su área de distribución incluye 11 países, desde Costa Rica hasta el sur de Bolivia y hacia el Este a través de la cuenca del Amazonas en las Guayanas. Se distribuye desde

el nivel del mar hasta los 4500 m de elevación (Löters 1996, 2007). Sus especies tienen colores muy llamativos y en algunos casos una coloración de tipo aposemática; presentan actividad diurna, habitan quebradas y sus zonas aledañas, y son relativamente muy abundantes durante la temporada

³ Send correspondence to / Enviar correspondencia a:
hernangrandar@gmail.com

reproductiva (Lötters 1996). Este género ha despertado gran interés en la comunidad científica, debido al declive poblacional que han sufrido algunas de sus especies (Angulo *et al.* 2004, La Marca *et al.* 2005). La Marca *et al.* (2005) determinaron que, de 113 especies (incluyendo 32 taxones por describir), 42 habían experimentado disminuciones poblacionales, 61 especies estaban con datos deficientes y solamente 10 de ellas mantenían poblaciones estables. Los Estudios sobre ecología del género *Atelopus* son insuficientes, debido a que se ha trabajado muy poco con las especies de este género. Existen pocos estudios base sobre algunas especies, de los cuales damos los siguientes ejemplos. Crump (1986, 1988) estudió *A. varius* y sugiere que en esta especie hay una tendencia hacia la territorialidad y a tener fidelidad por sus sitios. Dole y Durant (1974) observaron para *A. oxyrhynchus* migración hacia quebradas durante la estación húmeda y seca, con fines de reproducción. Lynch (1986) presentó unas observaciones sobre la biología reproductiva de *A. subornatus*. Cocroft *et al.* (1990), realizaron un estudio de vocalización en ocho especies de *Atelopus*. Lötters (1996) realizaron un estudio más detallado sobre las especies de *Atelopus*, dando información sobre sistemática, biogeografía, biología y ecología. García *et al.* (2007), y Santiago-Paredes y La Marca (2007), estudiaron la variabilidad climática y su relación con reproducción y disminuciones poblacionales en *Atelopus oxyrhynchus* y *A. mucubajensis*, respectivamente. Recientemente Lindquist *et al.* (2007) determinaron para *Atelopus zeteki* los sitios de descanso nocturno y encontraron

que los machos adultos y los juveniles ocupan microhábitats distintos durante la noche, demostrando que al caer la noche los machos adultos trepan significativamente más alto que los juveniles.

La falta de estudios sobre historia natural en el género *Atelopus* y la dramática situación que están sufriendo muchas de sus poblaciones hace necesario centrar las investigaciones en su biología y ecología, las cuales son de mucha importancia para la conservación de estas especies de anfibios.

Atelopus laetissimus Ruiz-Carranza, Ardila-Robayo & Hernández-Camacho (1994) es un bufónido que habita las quebradas y ríos en las zonas montañosas en el sector noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta. Esta especie endémica ha sido categorizada "En Peligro Crítico" (CR), según criterios de la IUCN *et al.* (2004), dado que no había sido vista en campo desde hace más de 15 años y sólo se conocía por su descripción en la década de los noventa (Ruiz-Carranza *et al.* 1994). Existía la preocupación que algunas especies de la Sierra Nevada de Santa Marta pudieran correr con el mismo destino que otras especies de *Atelopus* de alta montaña (La Marca *et al.* 2005). Recientemente, se hallaron varias poblaciones de *A. laetissimus* en el sector San Lorenzo de este último macizo montañoso suramericano, descartándose así que esta especie hubiera desaparecido (Granda-Rodríguez y Del Portillo-Mozo 2007, Carvajalino-Fernández *et al.* 2008). Debido al desconocimiento sobre aspectos de biología y ecología de *A. laetissimus*, nos planteamos en este estudio determinar el uso

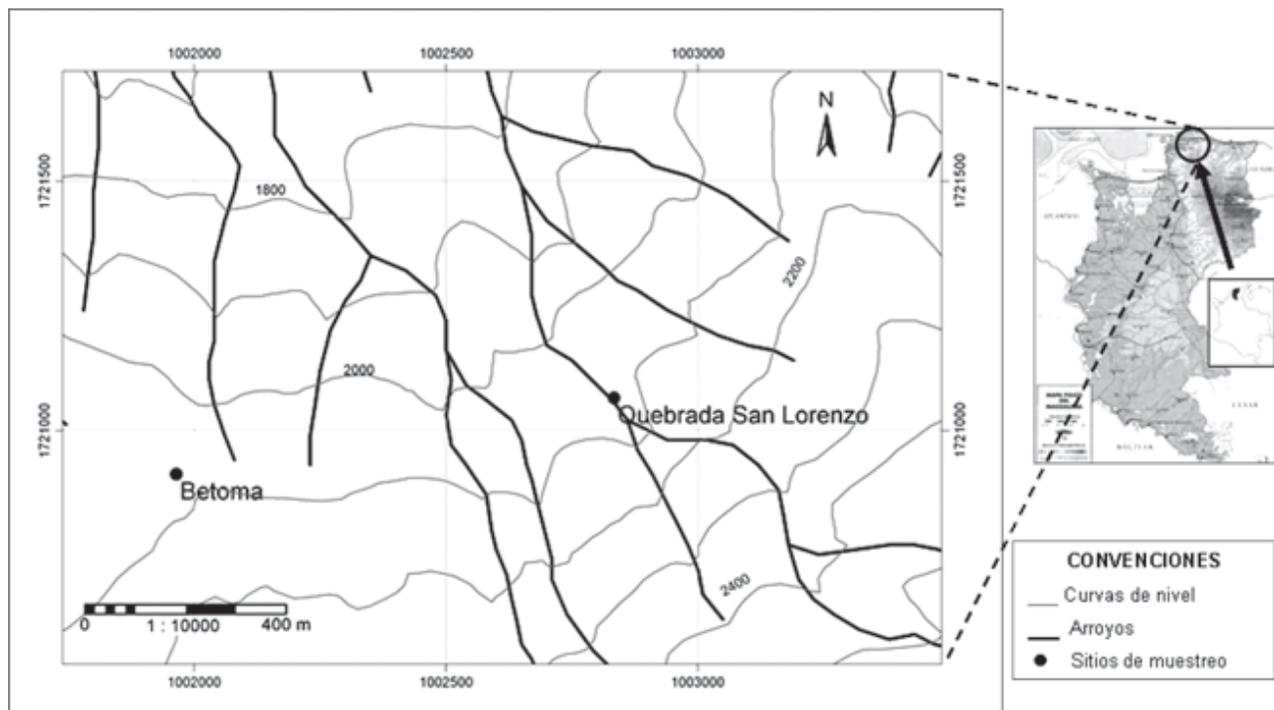


FIG. 1. Área de estudio en la localidad de Betoma y Quebrada San Lorenzo, sector San Lorenzo, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.
Study area in the locality of Betoma and Quebrada San Lorenzo, sector San Lorenzo, Sierra Nevada of Santa Marta, Colombia.

del microhábitat, tanto en las horas del día como en la noche, caracterizando cada microhábitat en cuanto a: la posición horizontal o ubicación con respecto a cuerpos acuáticos, posición vertical o altura, y tipo de sustrato en que se encontró. Además, se comparó el tamaño poblacional de *A. laetissimus* en dos tipos de hábitats, uno altamente intervenido y otro con poca intervención humana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el Corregimiento de Minca, Vereda de San Lorenzo ubicada en el flanco noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Departamento del Magdalena (11°6'N y 74°3'W, Fig. 1). El área conforma un gradiente altitudinal que va desde 2000 hasta 2300 msnm, dentro de la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo (Espinal y Montenegro 1963). El análisis de datos de la estación climatológica de San Lorenzo revela que la precipitación media anual es de 2622 mm (DE=498.3, N=38 años) y la temperatura media anual es 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. 2).

Las zonas donde se realizaron los muestreos fueron: la Quebrada San Lorenzo, en un bosque secundario poco intervenido (2300 msnm) y ubicada en la zona de amortiguación del Parque Natural Nacional Sierra Nevada de Santa Marta y la estación biológica Betoma; y otra en un sitio altamente intervenido (2000 msnm) ubicado 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.); sus quebradas son dispersas y están expuestas a mayor radiación solar.

Método de muestreo

En los meses de enero y mayo de 2006 se realizaron muestreos preliminares para determinar la factibilidad de este estudio, tanto técnicamente como logísticamente. Entre agosto de 2006 y mayo de 2007, se ejecutaron los muestreos entre las 9:00-12:00 h, 14:00-17:00 h y 18:00-21:00 h, empleando el método de búsqueda por encuentro casual (Crump y Scott

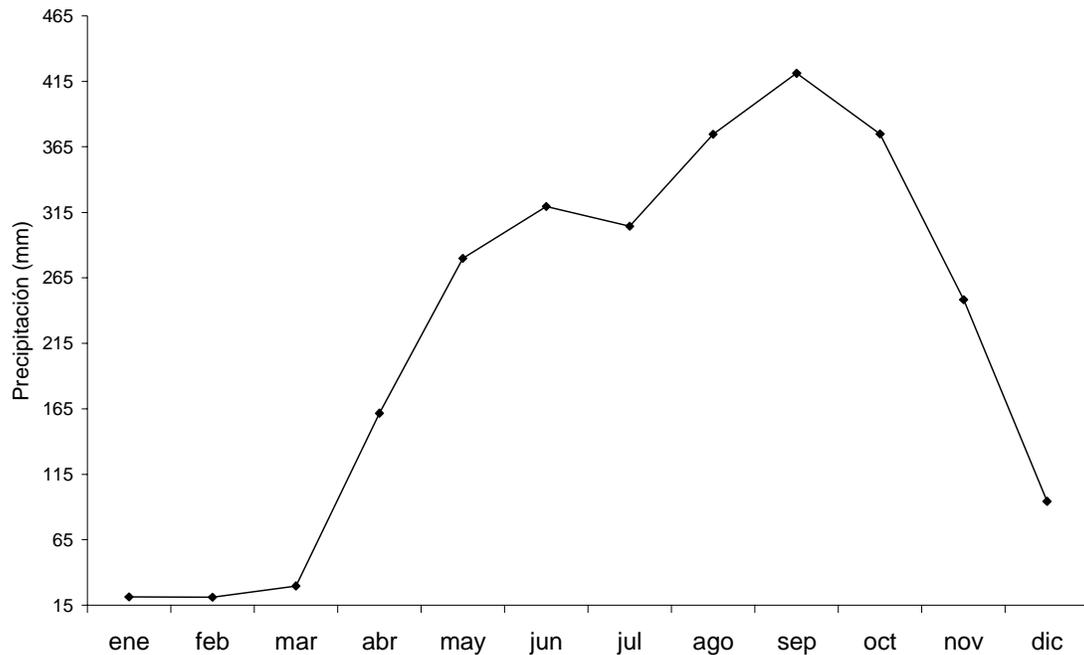


FIG. 2. Precipitación media mensual en la estación climatológica de San Lorenzo, Sierra Nevada de Santa Marta, para el periodo 1969-2006. Mean monthly precipitation of the San Lorenzo climate station, Sierra Nevada of Santa Marta, for the period 1969-2006.

1994). Se recolectaron manualmente los individuos encontrados. Dos personas buscaron activamente en quebrada, hojarasca y vegetación en cada estación de muestreo (3 días por estación, rotando cada día y hora de búsqueda para causar un mínimo de deterioro en el hábitat). A cada individuo se le registró datos morfométricos (longitud rostro-cloacal, y peso), hora de captura, microhábitat y actividad (canto, amplexo, reposo, etc.). Ningún ejemplar se sacrificó y todos se liberaron luego de ser tomados los respectivos datos morfológicos. Los individuos no se marcaron, porque no se obtuvo permisos para este procedimiento.

Variables del microhábitat

Los microhábitats se determinaron siguiendo la propuesta de Inger (1994), Vargas y Castro (1999) y García-R. *et al.* (2005), mediante frecuencias de observación directa de *A. laetissimus* en su sitio de ubicación. En cada localidad en que se registró un individuo se tomó la siguiente información dentro de una franja de altura de hasta 3 m: altura o posición vertical en la que fue encontrado el individuo, de acuerdo con un sistema de categorías de I a V (donde I=0-60 cm, II=61-120 cm, III=121-180 cm, IV=181-240 cm, V=241-300 cm); sustrato sobre el cual fue encontrado el ejemplar: helechos, hojas, hojarasca en el suelo, ramas, rocas, troncos y otros (bromelias, árboles caídos y musgos); distancia a la fuente de agua permanente más cercana: A=0-5 m, B=5-10 m, C=10-15 m, D=15-20 m, E=>20 m.

Análisis de datos

Para el análisis estadístico de las variables del microhábitat se realizó una Prueba de Chi-Cuadrado (χ^2), con un valor de α de 0.05. Para la comparación de los individuos de *A. laetissimus* encontrados en las dos localidades de estudio se realizó una Prueba No Paramétrica de U Mann-Whitney



FIG. 3. Grupo amplexante de *Atelopus laetissimus*. Una hembra con dos machos encima. Mayo 2006. Foto por Juan Manuel Renjifo.

Amplexant pair of Atelopus laetissimus. A female with two males on top. May 2006. Photo by Juan Manuel Rengifo.



FIG. 4. Individuo de *Atelopus laetissimus* encima de una hoja a un metro de altura sobre el suelo, en horas de la noche. Octubre 2008. Foto por Adolfo Del Portillo.

Atelopus laetissimus specimen on a plant leaf about one meter altitude over ground, at night time. October 2008. Photo by Adolfo Del Portillo.

para dos muestras independientes, con un α de 0.05, para determinar si había o no diferencias estadísticas significativas.

RESULTADOS

En total se hicieron 357 observaciones de *A. laetissimus*, que involucraron 343 machos y 14 de hembras; no se observó ningún individuo juvenil. La mayoría de las observaciones se realizaron en abril y mayo de 2007 (306 observaciones). Por la carencia de datos en cuanto a hembras adultas y juveniles, nuestros análisis se basaron solamente en machos adultos.

En San Lorenzo se encontraron 13 parejas en amplexo (Fig. 3) en agosto 2006 y entre abril y mayo 2007, y hembras solitarias en octubre y noviembre de 2006. Una sola pareja se encontró en Betoma, en mayo de 2007. Larvas de *Atelopus* (no identificadas al nivel de especie) se observaron solamente en Quebrada San Lorenzo. No se observaron posturas de huevos en ninguna localidad, ni época del año. Algunos machos se observaron vocalizando al lado de quebradas en horas de la mañana (9–11 am) y en el atardecer y comienzo de la noche (6–7 pm).

Microhábitat

Los machos adultos de *A. laetissimus* usan diferencialmente los sustratos disponibles ($\chi^2 = 256.36$ p < 0.001; 6 gl, Tabla 1), mostrando preferencias por rocas y hojarasca en las horas del día ($\chi^2 = 40.62$, p < 0.001, 2 gl) y en la noche por hojas de plantas ($\chi^2 = 441.02$, p < 0.001, 6 gl). En cuanto a la posición vertical en las horas del día, se observaron en el suelo; pero a medida que cae la noche se observó que trepan en diferentes sustratos, para encontrar los sitios de descanso (Fig. 4 y Tabla 2). En las horas de la noche, la mayoría de los machos vistos se encontraron entre 40-120 cm ($\chi^2 = 111.26$,

TABLA 1. Frecuencias de individuos machos de *A. laetissimus* con respecto a diferentes tipos de sustrato, en los períodos de actividad (día) y descanso (noche).

TABLE 1. Male individual frequencies of *A. laetissimus* regarding different substrate types, in the periods of activity (day) and rest (night).

Sustrato	Individuos		Total
	Día	Noche	
Hojas	0	142	142
Helechos	0	28	28
Ramas	0	11	11
Rocas	63	3	66
Hojarasca	54	2	56
Troncos	0	10	10
Otros	3	2	5

$p < 0.001$, 4 gl, Tabla 2). En cuanto a las hembras, aunque no hubo datos suficientes para hacer un análisis más detallado, en la noche hubo siete en alturas de 150, 40, 50, 25, 35 y 10 cm, mientras que siete se encontraron sobre el suelo en el día. De acuerdo con estos resultados, los machos y hembras de *A. laetissimus* realizan un cambio de posición desde los sustratos que utilizan durante el día hasta caer la noche, tiempo en el cual los individuos trepan para buscar sus sitios de descanso. Los machos de *A. laetissimus* se encontraron cerca de quebradas (entre los 0-10 m de distancia; $\chi^2 = 276.72$, $p < 0.001$, 4 gl; Tabla 3).

Comparación entre localidades

En la Quebrada San Lorenzo se hizo el 82.7% (295) del total de las observaciones y en Betoma el 17.3% restante (62). Se determinó que existe diferencia altamente significativa entre los tamaños poblacionales de *A. laetissimus* entre las dos localidades ($Z = 14.5$ $p = 0.00034$; $n = 26$, U Mann-Whitney bilateral).

DISCUSIÓN

Microhábitat

La utilización del sustrato por los machos revela una actividad en el suelo durante el día, con una mayor frecuencia sobre

TABLA 2. Número de individuos machos adultos de *A. laetissimus*, según la altura en que se encontraron.

TABLE 2. Number of *A. laetissimus* male individuals, according to the height (in cm) they were found.

Altura (cm)	Día	Noche
0-60	81*	57
61-120	-	59
121-180	-	24
181-240	-	6
241-300	-	4

* En el suelo (on the ground)

rocas y hojarasca, mientras que durante la noche permanecían en reposo sobre hojas de plantas. Los ejemplares manifiestan claramente una actividad diurna terrestre y en la noche escalan la vegetación en busca de sitios de descanso. Aunque en este trabajo no se midió distancias, ni se hizo marcaje de individuos, notamos que tanto en el día como en la noche era muy probable que los individuos de *A. laetissimus* tuviesen una fidelidad por sus sitios de descanso y actividad. Esta inferencia la hacemos debido a que era frecuente encontrar individuos en sitios de actividad o de descanso donde antes se habían visto otros, durante las diferentes épocas de muestreos. Este comportamiento se ha presentado en otras especies de *Atelopus* que presentan fidelidad por sus sitios, así como el mantenimiento de la territorialidad (Crump 1986, 1998). No obstante, recalcamos que es necesario realizar estudios más detallados y rigurosos sobre sitios de fidelidad y territorialidad para demostrar que *A. laetissimus* presenta este comportamiento.

En cuanto a la posición vertical, se comprobó que *A. laetissimus* tiene preferencias por alturas intermedias (40-120 cm); sin embargo, hay individuos que son capaces de trepar más alto (10 observaciones entre alturas de 180-300 cm y un individuo se observó a más de 4 m, sobre una bromelia). La mayoría de los individuos observados eran machos adultos, mientras que algunos eran hembras adultas, pero no se encontraron juveniles. Esto último sugiere que mayoritariamente los machos adultos de *A. laetissimus* prefieren ocupar alturas intermedias para descansar. Este comportamiento nocturno de trepar vegetación es completamente raro para una especie de actividad diurna y terrestre; sin embargo, ha sido reportado en algunas especies de *Atelopus* (Löters 1996). Estudios realizados por Lindquist *et al.* (2007) demostraron que *A. zeteki* escala a diferentes alturas, dependiendo del tamaño y la madurez de los individuos; los adultos y juveniles utilizan diferentes microhábitat nocturnos con respecto a la distancia vertical del sustrato y esta distancia se presenta más alta en los machos adultos que en los juveniles. Este comportamiento asociado con cambios de posición podría estar relacionado con una conducta antidepredatoria, ya que puede ser una estrategia para confundir al depredador, modificando la percepción de éste hacia los individuos que durante el día están en el suelo y en la noche se encuentran sobre la vegetación (Löters 1996, Lindquist *et al.* 2007).

Al igual que otras especies de *Atelopus*, los machos de *A. laetissimus* se encuentran cerca de cuerpos de agua, en este caso quebradas. Aunque nuestros análisis se basaron en machos adultos de *A. laetissimus*, las hembras sólo se encontraron cerca de quebradas en los meses de abril y mayo, cuando se observaron ejemplares en amplexo siendo muy probable la época reproductiva de esta especie. Estos meses de reproducción coinciden con los de otras especies de *Atelopus* que habitan en otros lugares igualmente marcados por un régimen de precipitación de tipo tetraestacional (cf.

TABLA 3. Número de individuos machos adultos de *A. laetissimus*, respecto a la distancia a la que se encontraron de un cuerpo de agua.

TABLE 3. Number of *A. laetissimus* adult male individuals, regarding distance (in m) from a water source.

Distancia (m)	Individuos
0-5	100
5-10	28
10-15	2
15-20	1
>20	1

Lynch 1986, García *et al.* 2007). En los otros meses de muestreo (octubre y noviembre), ejemplares de *A. laetissimus* se encontraron lejos de las quebradas y más hacia el bosque cercano, pudiendo tener movimientos estacionales dependientes de la época reproductiva. Este comportamiento estacional, al parecer, es común en este género, donde los machos son los que están en las quebradas y ríos y las hembras en el bosque (Lötters 1996).

Comparación entre localidades

La mayoría de las observaciones de individuos de *A. laetissimus* se registró en la quebrada San Lorenzo, localizada en una zona del bosque poco intervenida, con una cobertura vegetal densa y poca incidencia de la luz solar directa, condicionando un ambiente húmedo en los estratos herbáceos, ofreciendo así protección contra la desecación. Adicionalmente, al coexistir elementos de bosque maduro y de bosque joven, se obtiene una mayor diversidad de microhábitats, presentando condiciones óptimas para reproducción, debido a que la quebrada presenta un mayor caudal y flujo rápido de agua que permite una buena oxigenación para el desarrollo de las larvas de *A. laetissimus*. Por su parte, en la zona de Betoma se localiza un bosque altamente intervenido, que presenta en las zonas aledañas a sus quebradas un bosque en regeneración, dentro de una zona adecuada para pastizales y ganadería, junto a plantaciones de pino; sus quebradas expuestas al sol directamente y separadas por potreros, con una disminución acentuada del caudal y que en épocas de sequía experimentan desecamiento (observación personal), muestra un efecto directo y negativo para el desarrollo de las larvas de *A. laetissimus*.

Aunque se encontró una mayor abundancia de individuos en la quebrada San Lorenzo, cabe resaltar que esta especie es capaz de sobrevivir por varias generaciones en bosques altamente degradados ya que este hábitat ha sido modificado desde 1910 para la producción de ganado (Ardila-Robayo 1979). Según La Marca *et al.* (2005), la alteración y destrucción de hábitat no es el factor principal en el declive masivo de especies en el género *Atelopus*, ya que las disminuciones también han ocurrido en hábitat 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, como es el caso de *Atelopus ignescens* (Ron *et al.* 2003). En el caso de *A. laetissimus*, aunque fue más abundante en la Quebrada San Lorenzo, los resultados pudieron constatar algo similar al de esta última especie, ya que ha podido sobrevivir y tolerar un bosque bastante alterado por varias generaciones, con poblaciones de pocos individuos. Aunque no se sabe con certeza hasta que punto puedan tolerar las poblaciones de *A. laetissimus* la fragmentación del hábitat, es necesario adelantar estudios a largo plazo sobre la variación temporal del tamaño poblacional, eventos demográficos y reclutamiento, así como proveer información detallada de disminuciones poblacionales y riesgos biológicos que pueda correr esta especie.

En los meses de abril, mayo y agosto se observaron individuos de *A. laetissimus* en apareamiento, lo cual sugiere que es muy probable que esta sea su época de reproducción; sin embargo, este trabajo no fue específicamente sobre aspectos reproductivos, lo cual hace necesario que en estudios posteriores se realicen investigaciones sobre este particular. Para conocer más sobre su historia natural, se hace necesario realizar estudios sobre fidelidad por sitios, competencia y dieta, entre otros aspectos relevantes para la conservación de esta especie amenazada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias a la financiación de Conservación Internacional Colombia y Fundación Omacha, con su programa Iniciativa para Especies Amenazadas Jorge Hernández-Camacho. Agradecemos particularmente a Federico Bolaños, Fernando Castro, Enrique La Marca, Stefan Lötters, César Molina y Carlos J. Villa, por sus valiosos comentarios y sugerencias. A la Unidad Administrativa Especial Sistema de Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta y la fundación PROAVES, por los permisos concedidos.

REFERENCIAS

- Angulo A., P. Salaman y J.V. Rodríguez. 2004. The *Atelopus* Initiative: Conserving Endangered Tropical Andean Amphibians. *Froglog* 66:3-4.
- Ardila-Robayo, M.C. 1979. Status sistemático del género *Geobatrachus* Ruthven 1915 (Amphibian: Anura). *Caldasia* 12:383-496.
- 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* 30(88):97-103.
- Cocroft, R.B., R.W. McDiarmid, A.P. Jaslow y P.M. Ruiz-Carranza. 1990. Vocalizations of eight species of *Atelopus* (Anura: Bufonidae) with comments on communication in the genus. *Copeia* 1990:631-643.

- Crump, M.L. 1986.** Homing and site fidelity in a Neotropical frog, *Atelopus varius* (Bufonidae). *Copeia* 1986:438-444.
- Crump, M.L. 1988.** Aggression in harlequin frogs: male-male competition and a possible conflict of interest between the sexes. *Animal Behaviour* 36:1064-1077.
- Crump, M.L. y N.J. Scott. 1994.** Standard techniques for inventory and monitoring. Pp. 77-171 *In* Heyer, R.W., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek y M.S. Foster (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians.* Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.
- Cuadrado-Peña, B.J. 2005.** Estructura y composición florística del bosque ripario de la cuenca del río Gaira. Tesis de Grado. Universidad del Magdalena, Colombia.
- Dole, J.W. y P. Durant. 1974.** Movements and seasonal activity of *Atelopus oxyrhynchus* (Anura: Atelopodidae) in a Venezuelan cloud forest. *Copeia* 1974:230-235.
- Duellman W.E. y L. Trueb. 1994.** *Biology of amphibians.* The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Espinal, L.S. y E. Montenegro. 1963.** Formaciones vegetales de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.
- Frost, D.R. 2008.** *Amphibian Species of the World: an Online Reference.* Version 5.2 (15 July 2007). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA. Consultada el 24 de septiembre de 2008.
- 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(2):63-71.
- García-R. J.C., F. Castro y H. Cárdenas-H. 2005.** Relación entre la distribución de anuros y variables del hábitat en el sector La Romelia de Parque Nacional Natural Munchique (Cauca, Colombia). *Caldasia* 27:229-310.
- Granda-Rodríguez H.D. y A.G. Del Portillo-Mozo. 2007.** Evaluación poblacional de *Atelopus laetissimus* y *Atelopus nahumae* (Anura: Bufonidae) del sector San Lorenzo, Sierra Nevada de Santa Marta. Tesis de Grado. Universidad del Magdalena, Colombia.
- Inger, R.F. 1994.** Distribution of microhabitat. *In* Heyer, R.W., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek y M.S. Foster (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians.* Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- IUCN, Conservation International y NatureServe. 2004.** Global Amphibian Assessment. <http://www.globalamphibians.org>. Acceso: enero de 2007.
- 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.
- Lindquist E.D., S.A. Sapoznick, E.J. Griffith-Rodríguez, P.B. Johantgen y J.M. Criswell. 2007.** Nocturnal position in the Panamanian golden frog *Atelopus zeteki* (Anura, Bufonidae), with notes on fluorescent pigment tracking. *Phyllomedusa* 6:37-44.
- Lötters, S. 1996.** *The Neotropical Toad Genus Atelopus.* Vences y Glaw verlags GbR. Köln, Germany.
- 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 (Supplement):69-73.
- Lynch, J.D. 1986.** Notes on the reproductive biology of *Atelopus subornatus*. *Journal of Herpetology* 20(1):126-129.
- 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.
- 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* 12:106-11.
- Ruiz-Carranza, P.M., M.C. Ardila-Robayo y J.I. Hernández-Camacho. 1994.** Tres nuevas especies de *Atelopus* A.M.C. Dumeril & Bibron 1841 (Amphibia: Bufonidae) de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Revista de la Academia de Ciencias Exactas (Colombia)* 19:153-163.
- 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 mucubajiensis*. *Herpetotropicos* 3(1):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.
- Vargas, F. y F. Castro. 1999.** Distribución y preferencias de microhábitat en anuros (Amphibia) en bosque maduro y áreas perturbadas en Anchicayá, Pacífico colombiano. *Caldasia* 21:95-109.