

Estado poblacional y relaciones ecológicas de *Gastrotheca riobambae* (Anura: Hemiphractidae) en dos localidades del Volcán Pasochoa, Pichincha - Ecuador

Salomón M. Ramírez J.¹ & Melina L. Rodríguez B.²

¹Investigador Asociado. División de Herpetología, Sección Vertebrados del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Rumipamba 341 y Av. de los Shyris, Quito - Ecuador

Email: kp-7sz@hotmail.com

²Escuela de Biología. Universidad Central del Ecuador.
Av. Universitaria y Av. América (593)223-4722, Quito - Ecuador

RESUMEN

Se evaluó el estado poblacional y las relaciones ecológicas en dos poblaciones de la rana marsupial (*Gastrotheca riobambae*) en dos localidades situadas en el flanco occidental del Volcán Pasochoa, ubicadas entre los 2823 y los 3269 m. El estudio se lo realizó durante los meses de mayo, julio, septiembre, noviembre, diciembre del 2009 y enero del 2010, divididas en dos épocas de muestreo: menos lluviosa y lluviosa. En cada localidad se utilizó cinco técnicas para la evaluación, estimación, fluctuación y distribución de la población, cubriendo una superficie total de muestreo aproximada de una hectárea por localidad, dentro de un área menor a cinco hectáreas; también se analizó la presencia de *Batrachochytrium dendrobatidis* mediante la técnica swab-PCR. Se reporta y discute sobre la estructura, fluctuación temporal de las poblaciones, distribución vertical y horizontal; así como del uso de percha. Se analiza además su estado de conservación y amenazas, sugiriendo una reubicación dentro de su categoría según la UICN. De igual forma se recomiendan algunas medidas de conservación para la especie.

Palabras clave.- Rana marsupial, Población, *Batrachochytrium dendrobatidis*, Estado de conservación.

ABSTRACT

This study evaluates the population status and ecological relationships in two populations of Andean marsupial frog (*Gastrotheca riobambae*), into two vicinities on the western flank of Pasochoa Volcano which are located between 2823 and 3269 meters. This research was carried out during the months of May, July, September, November, December, 2009, and January, 2010, which are divided into two periods of sampling. In each locality, five techniques were used in order to evaluate and estimate the fluctuation and

distribution of the population. We covered approximately one hectare per location as a total area of sampling, within an area of five hectares; we also examined the presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* through the use of swab-PCR technique. We report and discuss the condition, structure and temporary fluctuation of the populations, the vertical and horizontal distribution; as well as the use of hanger. Furthermore, we analyze the Conservation Status and threats to this species, and suggest the relocation within its category according to the IUCN. In the same way we recommend some measures to conserve this species.

Key words.- Marsupial frog, Population, *Batrachochytrium dendrobatidis*, Conservation Status.

ISSN 1390-3004

Recibido: 25-06-2010

Aceptado: 28-06-2011

INTRODUCCIÓN

El género *Gastrotheca* se distribuye en la vertiente del Pacífico desde Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil; actualmente formado por 58 especies (Frost, 2011) divididas en cuatro grupos filogenéticos: *G. marsupiata*, *G. nicefori*, *G. plumbea* y *G. ovifera* (Duellman, 1970; Faivovich *et al.*, 2005; Wiens *et al.*, 2007). Durante años perteneció a la familia Hylidae (Duellman, 1970; Duellman & Hillis, 1987; Faivovich *et al.*, 2005), no obstante últimas revisiones taxonómicas lo ubicaron preliminarmente en la familia Amphignatodontidae (Frost *et al.*, 2006) y posteriormente en Hemiphractidae (Wiens *et al.*, 2007; Frost, 2011). El género *Gastrotheca* en Ecuador está representado por 16 especies, de las cuales 10 (62,5%) están bajo amenaza, (UICN, 2004-2010, Ron *et al.*, 2008).

Gastrotheca riobambae pertenece al grupo *plumbea*, especie cuya descripción la realizó formalmente Fowler en 1913, como *Hyla riobambae*. Más tarde Duellman & Hillis (1987) la sinonimizan con *Hyla quitoe*, *Chorophilus olivaceus*, *Gastrotheca marsupiata ecuatoriensis* y *Gastrotheca cavia*. Esta especie se distribuye dentro del callejón interandino ecuatoriano, el mismo que ha soportado gran deforestación (Valencia *et al.*, 1999), y pérdida del hábitat, ocasionado por el crecimiento de la frontera agrícola y ganadera, la explotación de madera, la minería, el desarrollo de infraestructura, incluidas viviendas, industria, caminos y represas, así como los incendios (Young *et al.*, 2004). Estos factores, inciden en la formación de fragmentos poblacionales dispersos y aislados dentro de su área de distribución original (Saunders *et al.*, 1991; Young *et al.*, 2004). A esto se suma la micosis ocasionada por *Batrachochytrium dendrobatidis*, el cual ha sido relacionado con la declinación de varias ranas y sapos en Ecuador y el mundo (Berger *et al.*, 1998; Longcore *et al.*, 1999; Ron & Merino, 2000; Merino-Viteri, 2001; Weldon *et al.*, 2004; Young *et al.*, 2004; Merino-Viteri *et al.*, 2005; Angulo *et al.*, 2006; Pounds *et al.*, 2006).

Gastrotheca riobambae es endémica de los Andes del centro y norte del Ecuador, localizada entre los 2200 y los 3500 m de altitud (Coloma *et al.*, 2004); aunque Frolich, *et al.* (2003) y Duellman & Hillis (1987) la reportan en los 1590 m. La categoría de amenaza asignada por la UICN (2004-2010) es En Peligro (EN), mientras que Ron *et al.*, (2008) le asignan la categoría de Vulnerable (VU), bajo los criterios de la UICN (2001). Históricamente reconocida como una especie conspicua debido a su tamaño y canto, además de su comportamiento y adaptaciones; en el Valle de los Chillos en los 90's era fácil de encontrar abundantes renacuajos en diferentes charcas o acequias cerca de terrenos con sotobosque, donde los niños y adolescentes solían jugar con ellos; sitios que posteriormente y hasta la actualidad son gradualmente reemplazados por infraestructura (obs. pers.).

Existen varios reportes sobre su mantenimiento en cautiverio, biología y etología *ex situ*, aunque especialmente a nivel estructural, celular y molecular (Del Pino 1975, 1980, 1989), de tal forma que se ha realizado un gran aporte y motivado a estudios consecuentes en esta y otras especies. Existen otros reportes que en su mayoría son listas taxonómicas o revisiones taxonómicas (Fowler, 1913; Duellman & Hillis, 1987; Dolman, 1988; Ortiz & Morales, 2000; Frolich, *et al.*, 2003; Almendáriz & Orcés, 2004; Faivovich *et al.*, 2005) con breve información sobre su hábitat y abundancia.

Sin embargo, ha habido pocos estudios enfocados en describir datos sobre su historia natural, variación temporal, estado y distribución de sus poblaciones. Por tanto, en este estudio se plantean los objetivos de evaluar y estimar el tamaño y estructura poblacional, así como sus fluctuaciones y la distribución en el hábitat de esta especie en dos localidades del Volcán Pasochoa.

METODOLOGÍA

Área de estudio.- El Volcán Pasochoa se ubica al sur de la Hoya de Guayllabamba, en el valle interandino al norte del Nudo de Tiopullo y de la montaña Rumiñahui (Terán, 1972); forma parte de la Avenida de los Volcanes, con una elevación máxima de 4199 m. Es compartido por los cantones Quito, Rumiñahui y Mejía. Alberga tres formaciones naturales que en su fisonomía son similares al Bosque Nublado por el clima y la cantidad de musgos y plantas epifitas, estas formaciones son: Páramo Herbáceo desde los 3400 m; Bosque Siempreverde Montano Alto entre los 2900 m a los 3400 m y Matorral Húmedo Montano entre los 2600 m y los 3000 m (Valencia *et al.*, 1999). En su interior resguarda uno de los últimos remanentes de bosque andino de la Sierra ecuatoriana (Fig. 1). Comprende dos localidades; la primera es un área protegida: el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa (incluido un sotobosque remanente perteneciente a la Hacienda Pilopata). Y la segunda es un área no protegida, Cuendina; ambas están ubicadas en el flanco occidental del Volcán Pasochoa entre los 2823 y los 3269 m de elevación.

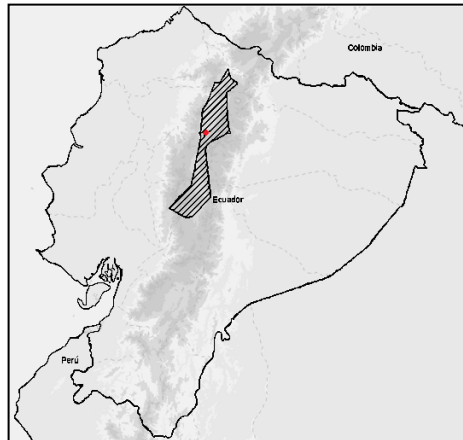


Figura 1. Ubicación y distribución geográfica de *Gastrotheca riobambae* en las dos localidades estudiadas en el Volcán Pasochoa, Provincia Pichincha, Ecuador (modificado de IUCN, Conservation International & NatureServe 2006).

Refugio de Vida Silvestre Pasochoa (RVSP): Se ubica en el Cantón Mejía (17 M 0776333 9953080) a 2826 m de altitud, con una temperatura media anual de 12 °C y una precipitación anual de aproximadamente 1739 mm (Jijón & Pazmiño, 1990). En la formación natural de Matorral Húmedo Montano, su cobertura vegetal natural está destruida casi en su totalidad y fue reemplazada por cultivos y extensos bosques de *Eucalyptus globulus*, mientras que los remanentes de bosque nativo se encuentran en barrancos o quebradas, en pendientes pronunciadas y sitios poco accesibles; ocasionalmente se pueden encontrar remanentes de bosques asociados a estos matorrales (Valencia *et al.*, 1999). Su vegetación se compone principalmente de: alisos (*Allnus jorullensis*), pumamaquis (*Oreopanax* spp.), colcas (*Miconia crocea*), moras silvestres (*Rubus adenotrichos*), guantos y/o floripondios (*Brugmansia* spp.), chilcas (*Baccharis latifolia*), taxos (*Passiflora mixta*), paragüillas (*Gunnera* sp.), zuros (*Chusquea scandens*), *Bomarea* spp., *Barnadesia spinosa*, *Brachyotum ledifolium*, *Duranta triacantha*, *Disterigma acuminatum*, helechos, orquídeas y bromelias.

Cuendina: Se ubica en el Cantón Quito (17 M 0781332 9954072) entre los 3226 a 3276 m s.n.m., corresponde al Bosque Siempreverde Montano Alto e incluye la vegetación de transición entre el bosque montano alto y el páramo (Valencia *et al.*, 1999). Su vegetación se compone principalmente de aliso (*Allnus jorullensis*), pumamaquis (*Oreopanax* spp.), colcas (*Miconia crocea*), moras silvestres (*Rubus adenotrichos.*), chilcas (*Baccharis latifolia*), taxos (*Passiflora mixta*), paragüillas (*Gunnera* sp.), zuros (*Chusquea scandens*), *Bomarea* spp., *Barnadesia spinosa*, *Brachyotum ledifolium*, *Duranta triacantha*, *Disterigma acuminatum*, árboles de papel (*Polylepis incana*), helechos y bromelias.

Elección de épocas de muestreos.- Se escogió dos épocas (lluviosa y menos lluviosa) de muestreo basándonos en los datos climáticos de Jijón & Pazmiño (1990), realizados en el RVSP; incluyendo los datos climatológicos de Arce

(2009) donde realiza un diagrama ombrotérmico de los años 1998 a 2008 ocurridos en el IASA (Hacienda El Prado), a 2748 m s.n.m. y válidos para 7 km a la redonda. Y aunque el Volcán Pasochoa se encuentre a 14 km de distancia, su clima es muy similar, puesto que ambos coinciden en los mayores picos ubicados en los meses de noviembre y diciembre. Debido a las frecuentes lluvias a esa altura en la montaña, en este estudio se clasificó como época menos lluviosa a los meses de mayo, julio y septiembre y como época lluviosa a los meses de noviembre, diciembre y enero. Los muestreos fueron bimensuales desde abril hasta septiembre del 2009 (época menos lluviosa) y mensuales desde noviembre del 2009 a enero del 2010 (época lluviosa).

Muestreos.- Se emplearon seis salidas de campo para esta investigación y un para prospección del área. Para el reconocimiento del área y elección de los sitios de muestreo fueron destinados siete días de abril. Para la obtención de datos se dedicaron diez días de muestreo (cinco días y 28 horas efectivas de esfuerzo por localidad). En cada localidad en un área menor a 5 ha, se estableció tres transectos de 500 x 3 m con un tiempo de muestreo de cuatro horas diarias durante tres días para registros de capturas; se emplearon estos mismos transectos pero con un ancho de 6 m, para registros auditivos; cubriendo un rango de muestreo entre las 18:00 a 24:00 h (Tabla 1). Acumulando un total de 168 horas/persona en un área menor a cinco hectáreas en cada localidad. Los horarios de muestreo fueron escogidos debido a la actividad crepuscular y nocturna de la especie (Del Pino, 1980).

Tabla 1. Diseño para el muestreo poblacional de *Gastrotheca riobambae* en dos localidades del Volcán Pasochoa.

Técnica	Nº Transectos y puntos fijos	Nº días/horario	Área cubierta	Resultado	Esfuerzo empleado
Inspección por encuentro visual (IEV)	3 (500 x 3 m)	3 días 19-23h	4500 m ²	asociación ecológica, actividad, abundancia relativa y distribución	4 h/3transectos 12 h/salida
Puntos auditivos Fijos (PAF)	30 (3-10 min)	2 días 18-20h	4500 m ²	actividad de canto y ubicación de territorios	2 h/3transectos 4 h/salida
Transectos de bandas auditivas (TBA)	3 (500 x 6 m)	2 días 20-24h	9000 m ²	abundancia relativa de machos	4 h/3transectos 8 h/salida

Técnicas de medición.- En los transectos establecidos para el monitoreo se adaptaron y aplicaron técnicas estandarizadas para anfibios (Heyer *et al.*, 1994), y una técnica adicional para detectar la quitridiomycosis en sus poblaciones (Kriger *et al.*, 2006):

- *Inspección por encuentro visual (IEV)* (Crump & Scott 1994): Permite evaluar la población de machos, juveniles y hembras mediante captura-recaptura.

- *Puntos auditivos fijos (PAF)* (Rand & Drewry 1994): En cada localidad y dependiendo de las emisiones acústicas fueron inspeccionados los sitios de apareamiento (charcas, acequias y riachuelos) y los territorios donde se concentraban machos vocalizando. Para la grabación de vocalizaciones se utilizó una grabadora PANASONIC RR-US470.
- *Transectos de bandas auditivas (TBA)* (Zimmerman, 1994): Mientras se recorre el transecto, identificando, ubicando y contabilizando (o estimando) las vocalizaciones. Se registró el sitio específico donde se realiza la grabación, la hora y fecha, así como datos ecológicos.
- *Registro de individuos* (Heyer, 1994): Por cada individuo capturado se registró el sexo, categoría de edad (adulto o juvenil), longitud rostro-cloaca (mm), tipo de sustrato (césped/hierba, hierba/helecho, hierba/rama, hoja, hoja/rama, hoja/rama/helecho, hojarasca, hojarasca/hierba/rama, hojarasca/hierbas, nido viejo, rama, tronco de cerca y zuro), hora de la captura dentro del transecto, su distribución vertical respecto al suelo (I= 0-40 cm; II= 41-80 cm; III= 81-120 cm; IV= 121-160 cm; V= 161-200 cm) y su distribución horizontal respecto a cuerpos de agua (I= 0-5 m; II= 5-10 m; III= 10-15 m; IV= 15-20 m; V= > 20 m) en el sotobosque. Para los registros auditivos únicamente se tomó datos de fecha y hora. Ningún ejemplar se sacrificó y todos se liberaron luego de ser tomados los respectivos datos morfológicos y fotográficos (Anexos).
- *Foto-identificación* (Donnelly *et al.*, 1994): Los individuos capturados fueron fotografiados con el fin de utilizar los patrones de coloración y manchas en el dorso y flancos, evitando así marcarlos con el método de amputación de dedos, los cuales podrían presentar efectos adversos (Clarke, 1972; citado en Donnelly *et al.*, 1994). Este tipo de identificación ha sido probado con éxito en estudios poblacionales de anfibios (Gross, 2009; Yáñez-Muñoz *et al.*, 2010). La foto-identificación de individuos se la realizó con una cámara fotográfica PANASONIC Lumix DMC-TZ1. Las fotografías reposan en un archivo de CD en la División de Herpetología del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (DHMECN).
- *Diagnóstico de quitridiomycosis* (Kriger *et al.*, 2006): Para detectar la presencia de *Batrachochytrium dendrobatidis*, agente causal de quitridiomycosis, se realizó un frotis con un hisopo swab: 10 veces en el dorso, 10 en la región ventral (con énfasis en la ingle), 10 en cada flanco y en 5 veces en cada palma o planta. Esto con el fin de obtener células epiteliales para el diagnóstico del hongo mediante PCR. Las muestras reposan en el Laboratorio de Herpetología del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Análisis de datos.- Se analizan los resultados en conjunto de ambas localidades y por localidad con el fin de evidenciar diferencias entre las poblaciones de *Gastrotheca riobambae* dentro de un área protegida y un área no protegida. También se analizó las épocas de muestreo para evidenciar sus fluctuaciones. La densidad total fue calculada como el número de

individuos/km². Se adaptó cuatro categorías para medir la abundancia relativa del género *Gastrotheca* (Ortiz & Morales, 2000; Mueses-Cisneros, 2005 & Cortez-Fernandez, 2006): Abundante (más de 100 individuos), común (50 a 90 individuos), poco común (de 20 a 49 individuos) y raro (menos de 19 individuos). Para los análisis estadísticos se utilizó la prueba Chi-cuadrado (X^2) y tablas de contingencia con probabilidad ($P < 0,05$) del 95%, para ello se empleó el programa Past. Mediante el programa BioEstat 5.0 se aplica la prueba *t* de *student* con probabilidad ($P < 0,05$) del 95%, para evaluar las diferencias significativas de LRC. También un análisis clúster de Jaccard con el programa BiodiversityPro para analizar la similitud en el uso de percha.

Asumiendo que la población es cerrada durante el periodo de tiempo que abarca el estudio, se empleó el estimador de Schumacher-Eschmeyer (1943), considerado apropiado para estimar tamaños poblacionales en base a recapturas de varias muestras. Su fórmula matemática es: $N = \sum_t (C_t * M_t) / \sum (R_t * M_t)$; donde, N= Tamaño poblacional, Ct: Número de capturas, Rt= Número de recapturas, Mt= Número de marcas antes del muestreo. La fotoidentificación cumplió con los preceptos: 1) muestras representativas de la población, 2) manchas permanentes y correctamente registradas, 3) los animales liberados se distribuyen aleatoriamente en la población, y 4) las manchas no afectan la probabilidad de recaptura.

RESULTADOS

Estado poblacional.- Entre los meses de mayo del 2009 y enero del 2010 se evaluó dos poblaciones de *Gastrotheca riobambae* obteniendo mediante capturas y recapturas 56 registros (Tabla 2); los cuales corresponden a 37 individuos únicos identificados (Anexo 1). La densidad poblacional relativa fue de 4 individuos km⁻² promediado para ambas localidades, 3 individuos km⁻² en el RVSP y 6 individuos km⁻² en Cuendina. Se detectó una diferencia significativa en el número de individuos observados (capturados y recapturados) entre dos épocas ($X^2 = 19,889$; $gl = 5$; $P < 0,05$). También se detecta una diferencia significativa en el número de individuos capturados entre localidades ($X^2 = 14,372$; $gl = 5$; $P < 0,05$).

Tabla 2. Registros de capturas-recapturas de *Gastrotheca riobambae* en las localidades del RVSP (R) y de Cuendina (C), durante nueve meses de muestreo entre los años 2009-2010.

Registro	Época menos lluviosa						Época lluviosa						total	
	May		Jul		Sep		Nov		Dic		Ene			
	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C
Capturas	1	0	0	8	0	0	2	9	5	1	4	7	12	25
Recaptura	0	0	0	0	0	5	0	4	0	3	3	4	3	16

De los 56 registros mediante captura-recaptura, el 64,86% corresponden a capturas únicas y el 35,14% recapturas (21,62% capturas dobles; 10,81%

capturas triples y 2,7% capturas cuádruples). El RVSP presenta dos categorías, mientras que Cuendina presenta a las cuatro categorías (Fig. 2).

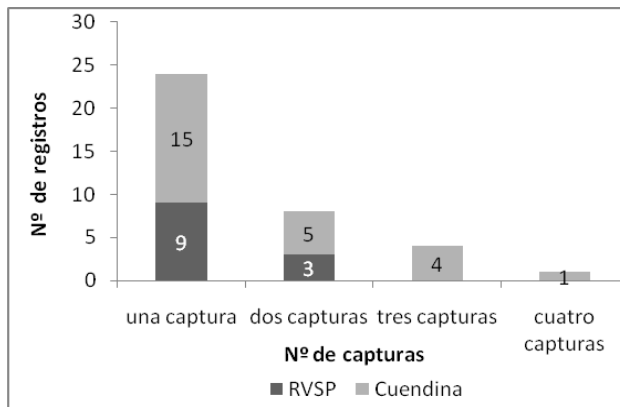


Figura 2. Número de capturas y recapturas, en 56 individuos de *Gastrotheca riobambae* registrados en el RVSP y Cuendina durante nueve meses de estudio entre los años 2009-2010.

Tabla 3. Registros auditivos de *Gastrotheca riobambae* en dos épocas de muestreo en dos localidades

	Época menos lluviosa	Época lluviosa	Total
RVSP	13	51	64
Cuendina	26	58	84
Total	39	109	148

Tabla 4. Estimación del tamaño poblacional de *Gastrotheca riobambae* en la localidad del RVSP, utilizando el método de Schumacher-Eschmeyer.

Muestra	Capturas	Recapturas	Marcas recientes	Marcas antes del muestreo
1	1	0	1	0
2	0	0	0	1
3	0	0	0	1
4	2	0	2	1
5	5	0	5	3
6	7	4	3	8
Total	15	4	11	14
Tamaño =			15,46875	
Varianza =			0,054257	
Error Estándar =			2,505158	

Adicionalmente se obtuvo un total de 148 registros auditivos (Tabla 3). En donde gracias a las capturas y recapturas realizadas se contabilizó 55 machos, de los cuales 36 (65,45%) pertenecieron a Cuendina y 19 (34,54%) al RVSP. La densidad estimada es de 3 individuos km⁻² para ambas localidades, en el RVSP de 2 individuos km² y en Cuendina de 4 individuos km⁻². No se detectó

diferencias significativas entre épocas ($X^2= 4,28$; $gl= 5$; $P> 0,05$) ni localidades ($X^2= 1,91$; $gl= 5$; $P> 0,05$).

Estimación poblacional.- El método de Schumacher-Eschmeyer (1943) que mostró para la localidad del RVSP una estimación del tamaño poblacional de $15,46 \pm 2,5$ individuos (Tabla 4), y una densidad poblacional de $3,43$ individuos km^2 . Para la localidad de Cuendina, el tamaño poblacional se estimó en $30,11 \pm 11$ individuos (Tabla 5), y una densidad poblacional de $6,69$ individuos km^2 . Cuendina tuvo una abundancia poco común, mientras que en el RVSP fue rara.

Estructura y fluctuación poblacional.- La fluctuación temporal en base a captura-recaptura durante los nueve meses de estudio presentó mayores picos en los meses de noviembre y enero (Fig. 3). El promedio de registros por mes fue de cinco individuos para ambas localidades. El RVSP tuvo un promedio de tres individuos por mes y Cuendina un promedio de siete individuos por mes. Las fluctuaciones poblacionales en ambas localidades durante dos épocas de muestreo (Fig. 3), presentaron un promedio de cinco individuos por mes en la época menos lluviosa; mientras en la época lluviosa tuvo un promedio de 14 individuos por mes. Los registros de captura-recaptura que corresponden a la época menos lluviosa constituyen el 25%, mientras que la época lluviosa obtuvo el 75% del total de registros. No se evidenció diferencias significativas entre localidades durante la época lluviosa ($X^2= 4,95$; $gl= 2$; $P> 0,05$), mientras que en la época menos lluviosa si existen diferencias significativas ($X^2= 14$; $gl= 2$; $P< 0,05$).

Tabla 5. Estimación del tamaño poblacional de *Gastrotheca riobambae* en la localidad de Cuendina, utilizando el método de Schumacher-Eschmeyer.

Muestra	Capturas	Recapturas	Marcas recientes	Marcas antes del muestreo
1	0	0	0	0
2	8	0	8	0
3	5	5	0	8
4	13	4	9	8
5	4	3	1	17
6	11	4	7	18
Total	41	16	25	51
Tamaño =			30,112821	
Varianza =			0,864917	
Error Estándar =			11,005177	

La fluctuación temporal registrada auditivamente durante nueve meses de estudio varió entre tres y 25 individuos, siendo los meses de noviembre a enero los de mayor actividad (Fig. 4). El promedio de registros auditivos por mes fue de 11 individuos para ambas localidades. En el RVSP el promedio fue de nueve, mientras que en Cuendina fue de 12. Las fluctuaciones

poblacionales de registros auditivos en ambas localidades durante dos épocas de muestreo (Fig. 4), presentó en la época lluviosa un promedio de 16-17 individuos por mes; mientras en la época menos lluviosa se obtuvo un promedio de 6-7 individuos. La época menos lluviosa constituye el 26,35% del total de registros; mientras que la época lluviosa constituye el 73,64%. No se detectaron diferencias significativas entre localidades durante la época menos lluviosa ($X^2= 0,875$; $gl= 2$; $P> 0,05$), tampoco en la época lluviosa ($X^2= 2,47$; $gl= 2$; $P> 0,05$).

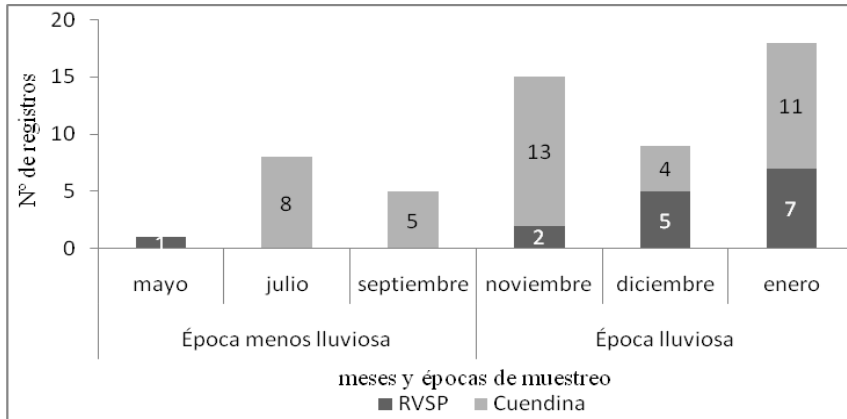


Figura 3. Fluctuación poblacional de *Gastrotheca riobambae* en dos épocas durante seis muestreos realizados entre mayo del 2009 a enero del 2010 en dos localidades del Volcán Pasochoa.

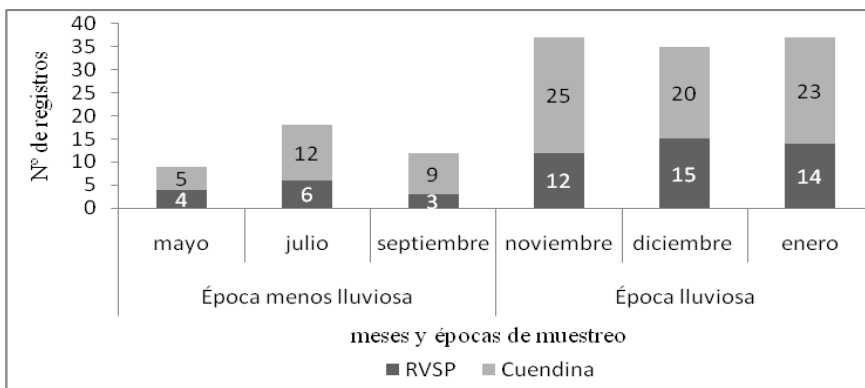


Figura 4. Fluctuación poblacional de auditiva de *Gastrotheca riobambae* en dos épocas durante seis muestreos entre mayo del 2009 a enero del 2010 en dos localidades del Volcán Pasochoa.

La fluctuación temporal de machos y hembras (Fig. 5), alcanzó su mayor pico en enero. Los machos representaron el 91,07% (51 registros) del total de registros y las hembras tan solo el 8,92% (cinco registros). Obteniendo una relación en ambas localidades de 6:1 (seis machos por cada hembra). En el RVSP la relación fue de 5:1 (cinco machos por cada hembra). Mientras que en Cuendina la relación aproximada fue de 7:1 (siete machos por cada hembra)

(Fig. 6). No se observaron individuos en estado larvario, metamórfico o juveniles en ninguna de las dos localidades.

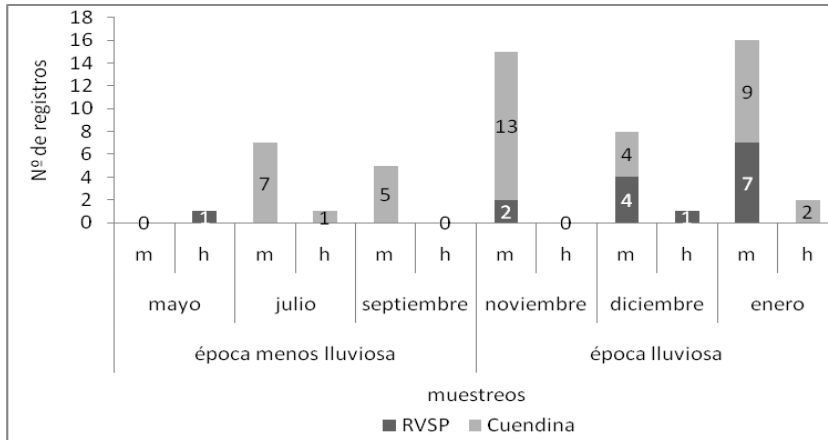


Figura 5. Fluctuación temporal y dinámica poblacional de *Gastrotheca riobambae* en dos localidades del Volcán Pasochoa, entre mayo del 2009 a enero del 2010 (m=machos; h=hembras).

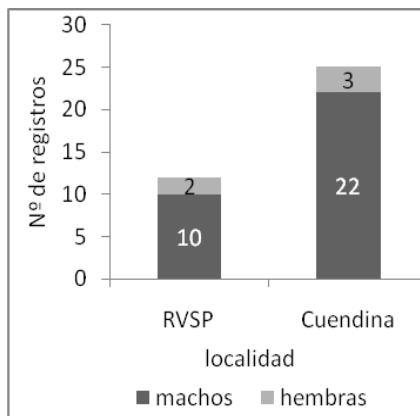


Figura 6. Comparación de machos y hembras de *Gastrotheca riobambae* en las localidades del RVSP y de Cuendina.

La longitud rostro - cloacal (LRC) en 56 individuos de *Gastrotheca riobambae* capturados varió entre 33 y 65,5 mm. La localidad de Cuendina presentó individuos entre los 33 y 65,5 mm; mientras que el RVSP presentó individuos entre los 44,5 y 59 mm (Fig. 7; Tabla 6). La LRC de machos estuvo entre los 36 y 59,5 mm, mientras que las hembras tuvieron longitudes entre los 52,5 y 65,5 mm. No existen diferencias significativas en la LRC entre ambas localidades, ni entre machos y hembras (Tabla 6).

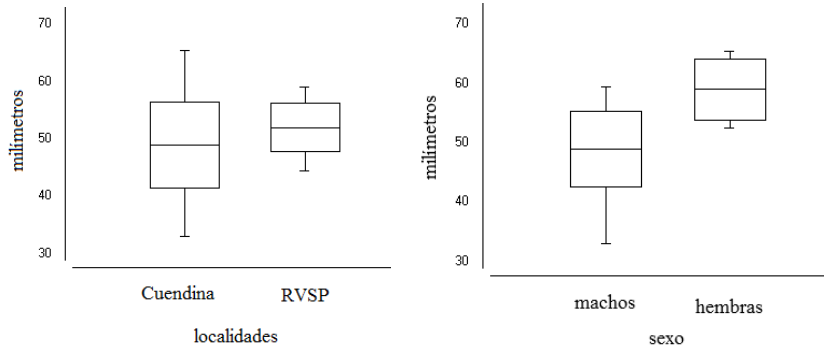


Figura 7. Intervalos de la LRC de *Gastrotheca riobambae* entre localidades y sexo.

Tabla 6. Comparación de la LRC entre localidades y sexos

Muestra	Média ± Desviación estándar en mm		t	P
Entre localidades	Cuendina = 48,9 ± 7,5	RVSP = 52 ± 4,18	-1,8928	0,5002
Entre sexos	Machos = 48,8 ± 6,36	Hembras = 59 ± 5,2	-3,4334	0,9806

Distribución vertical y horizontal. - Los 56 registros de captura-recaptura en dos localidades se distribuyeron verticalmente concentrándose con el 46,42% en el estrato I (0-40 cm) (Tabla 7). Se presentaron diferencias significativas en el uso vertical de percha entre ambas localidades y en Cuendina; mientras que en el RVSP las diferencias no fueron significativas; (Tabla 7)

Tabla 7. Tabla de contingencia para cinco categorías de la altura de percha en 56 individuos de *Gastrotheca riobambae* en las localidades del RVSP y Cuendina.

Localidad	Valor	Altura de Percha					G	L	X ²	P
		I	II	III	IV	V				
RVSP	observado	3	3	4	3	2	4	0,666		0,95
	esperado	3	3	3	3	3				
Cuendina	observado	23	9	3	5	1	4	37,65	<0,000	1
	esperado	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2				
Total	observado	26	12	7	8	3	4	28,10	7	<0,000
	esperado	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2				

La distribución de *Gastrotheca riobambae* en dos localidades respecto a cuerpos de agua se concentró en el estrato I (0-5 m) con el 58,92% (Tabla 8). Se detectó también diferencias significativas en el uso horizontal de percha, para ambas localidades y entre ellas (Tabla 8).

Uso de percha.- En las dos localidades del Volcán Pasochoa se registró 13 tipos de sustrato utilizados como percha por 56 individuos capturados. Siendo rama y hoja/rama el sustrato más utilizado en ambas localidades (Fig. 8), incluyendo la época lluviosa y menos lluviosa (Fig. 8)

Tabla 8. Tabla de contingencia para cinco categorías de la distancia a cuerpo de agua en 56 individuos de *Gastrotheca riobambae* en las localidades del RVSP y Cuendina.

		Distancia Cuerpo de Agua					GL	X ²	P
Localidad	Valor	I	II	III	IV	V			
RVSP	observado	1	0	1	1	12	4	34	0,007
	esperado	3	3	3	3	3			
Cuendina	observado	32	4	5	0	0	4	88,878	<0,0001
	esperado	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2			
Total	observado	33	4	6	1	12	4	58,821	<0,0001
	esperado	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2			

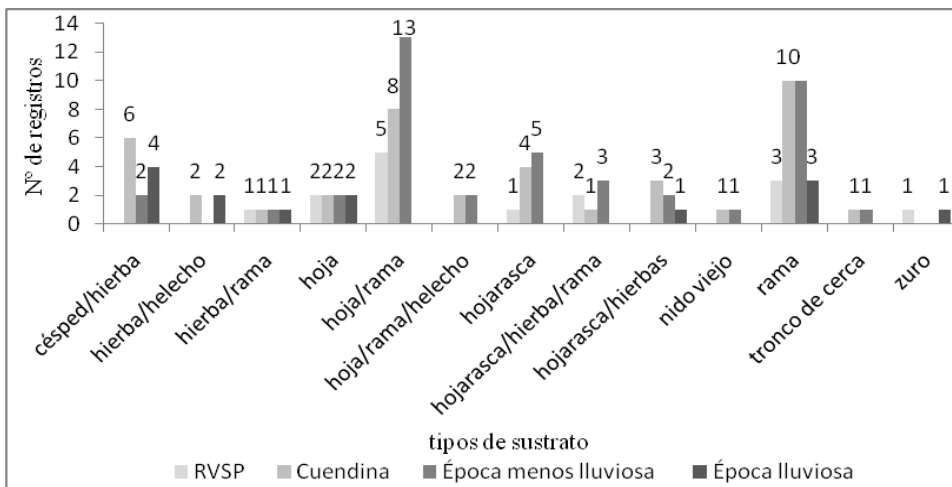


Figura 8. Tipos de sustrato en el que perció *Gastrotheca riobambae* en las localidades del RVSP y Cuendina en dos épocas de muestreo entre mayo del 2009 a enero del 2010.

No se detectaron diferencias significativas en el uso de sustrato registrado en 56 individuos de *Gastrotheca riobambae* de ambas localidades ($X^2= 13,415$, $gl= 12$, $P= 0,339$); sin embargo entre las épocas de muestreo existió diferencia significativa ($X^2= 25,026$, $gl= 12$, $P= 0,015$). El análisis clúster en ambas localidades indica las asociaciones para el uso de sustrato, encontrando una similitud del 50% (Fig. 9).

Se registró seis tipos de microhábitat (Fig. 10), siendo los arbustos no espinosos y el estrato herbáceo/hojarasca los microhábitats más frecuentados entre localidades y entre épocas (Fig. 10).

No se detectaron diferencias significativas para el uso de microhábitat registrado en 56 individuos de *Gastrotheca riobambae* de ambas localidades ($X^2= 9,948$, $gl= 5$, $P= 0,077$); sin embargo entre las épocas de muestreo hubo diferencia significativa ($X^2= 15,273$, $gl= 12$, $P= 0,009$). El análisis clúster en

ambas localidades indica las asociaciones para el uso de microhábitat, encontrando una similitud del 50% (Fig. 11).

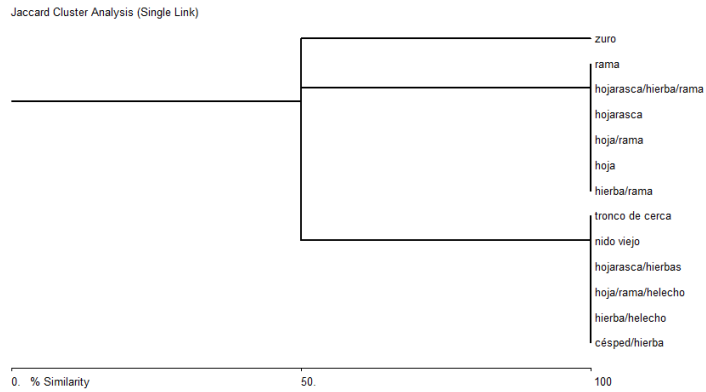


Figura 9. Análisis Clúster para 13 tipos de sustrato en dos localidades del Volcán Pasochoa.

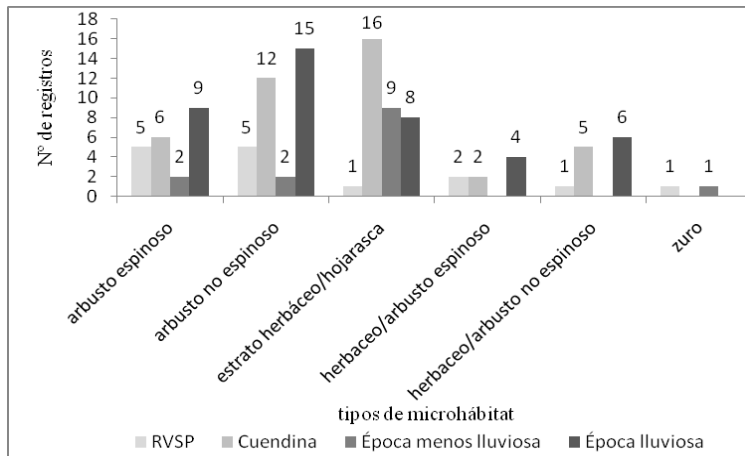


Figura 10. Se muestra los tipos de microhábitat en el que percha *Gastrotheca riobambae* en dos localidades del Volcán Pasochoa durante dos épocas del año.

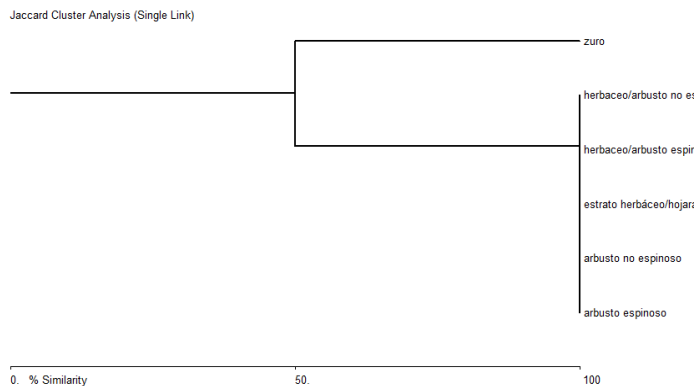


Figura 11. Análisis Clúster para seis tipos de microhábitat en dos localidades del Volcán Pasochoa.

Diagnóstico de quitridiomycosis.- Se analizaron un total de 14 muestras, inicialmente se analizaron 12 muestras (todas negativas) mediante la técnica de Boyle *et al* (2004), la cual detecta un mínimo de 10 zoosporas. Posteriormente mediante la técnica de Goka *et al* (2009), la cual es una PCR anidada 100 veces más sensible para la detección de *Batrachochytrium dendrobatidis* se analizaron 13 muestras (7+ y 6-), de las cuales 11 fueron reanalizadas (Tabla 9)

Tabla 9. Diagnósis de *Batrachochytrium dendrobatidis* mediante dos técnicas de PCR

Muestra	Localidad	Sexo	Boyle <i>et al.</i> , 2004	Goka <i>et al.</i> , 2009
1	RVSP	hembra	negativo	
2	Cuendina	macho	negativo	positivo
3	Cuendina	macho	negativo	negativo
4	Cuendina	macho	negativo	negativo
5	Cuendina	macho	negativo	positivo
6	Cuendina	hembra	negativo	positivo
7	RVSP	macho	negativo	positivo
8	RVSP	macho	negativo	negativo
9	Cuendina	macho		negativo
10	Cuendina	macho		negativo
11	Cuendina	macho	negativo	positivo
12	Cuendina	macho	negativo	positivo
13	Cuendina	macho	negativo	positivo
14	Cuendina	macho	negativo	negativo

DISCUSIÓN

Evaluación y estimación poblacional.- Se observó que las poblaciones se encontraban aisladas y dispersas, debido principalmente a la extensión de pastizales y acequias con truchas como en el RVSP y su vecino remanente, en donde *Gastrotheca riobambae* se refugiaba en matorrales y sotobosques distantes; contrario en Cuendina donde la población aparentemente es más estable por presentar territorios menos distantes con acequias y riachuelos sin truchas, aunque esta población podría estar limitada en su conexión con otras poblaciones a su alrededor debido a los extensos pastizales (Saunders *et al.*, 1991; Young *et al.*, 2004; Cushman, 2006). La formación de metapoblaciones ocurre cuando la pérdida y destrucción del hábitat se asocia a la fragmentación y subdivisión de poblaciones, lo cual conlleva a una reducción de la variación genética (Hanski & Gilpin, 1991; Saunders *et al.*, 1991). Y puesto que la habilidad de colonizar remanentes depende de la distancia que existen entre ellos y su capacidad de dispersión (Hanski & Gilpin, 1991; Saunders *et al.*, 1991; Blaustein *et al.*, 1994; Marsh & Trenham, 2001; Cushman 2006), se deduce que se tratan de poblaciones aisladas en donde es muy

probable que la migración de machos y hembras con otras poblaciones sea baja o nula; por lo tanto se concluye que en ambas localidades existen metapoblaciones.

La evaluación poblacional con la ayuda de técnicas auditivas, fue muy similar al tamaño poblacional estimado dado los sitios de muestreo; y en general, Cuendina posee casi el doble de individuos, a pesar de ser un área no protegida. Y dada la estrecha diferencia en las estimaciones y tomando en cuenta la relación de sexos y su hábitat, estos resultados en conjunto podrían ser las poblaciones tentativas para ambas localidades, aunque estas no reflejen la población total sino únicamente a las poblaciones de los diez meses de estudio en seis muestreos, dentro de aproximadamente 5 ha.

La alta captura de machos fue determinada por su canto, presentando así un efecto de muestreo poblacional, debido a la técnica empleada (Zimmerman, 1994; Yáñez-Muñoz *et al.*, 2010; Ortega-Andrade *et al.*, 2011). Sin embargo los recorridos fueron constantes, por lo cual se notó la mayor capacidad de crípsis en las hembras. Las recapturas determinadas mediante fotoidentificación, no presentaron mayor inconveniente en su identificación, puesto que los patrones de coloración variaron individualmente, de manera análoga a las huellas digitales (Donnelly, 1994).

Dolman (1988), realiza una lista de la herpetofauna en el RVSP, donde menciona que *Gastrotheca riobambae* es una especie muy común en el RVSP, aunque no lo cuantifica. Siendo este el único dato publicado. En este reporte se adaptaron cuatro categorías basadas especialmente en las abundancias obtenidas en *Gastrotheca riobambae* (Ortíz & Morales, 2000), *G. ruizi* (Mueses-Cisneros, 2005), *G. testudínea* y *G. cf. marsupiata* (Cortez-Fernandez, 2006) durante muestreos únicos por localidad. Por lo cual se empleó estas categorías únicamente para el tamaño total poblacional estimado.

Estructura y fluctuación poblacional.- La estructura poblacional estuvo formada mayormente por machos con una relación de 5:1 en el RVSP y de 7:1 en Cuendina, esto aunque se debe en parte al tipo de muestreo, también nos podría sugerir la agilidad de las hembras por ocultarse. Puesto que los muestreos sistemáticos no excluyen a las hembras ya que no son únicamente estimaciones auditivas, más bien podría ser que al momento de la captura del macho (guiado por su canto), las hembras que se encuentren cerca podrían advertirse y mejorar su cripticidad al momento de su búsqueda. Esto en base a una hembra registrada en el remanente de la Hacienda Pilopata, junto al RVSP, en donde se la pudo detectar cerca de un macho (distanciados a menos de 50 cm), al cual se ubicó por su canto y 4 minutos después de capturarlo, se encontró a la hembra, sujeta e inmóvil entre las hojas y ramas del matorral, posiblemente esperando a que los investigadores se alejen.

Las épocas de muestreo escogidas en base a los datos climáticos de Jijón & Pazmiño (1990) y Arce (2009), mostraron evidentes fluctuaciones

poblacionales en su abundancia; estas variaciones poblacionales de acuerdo al clima son típicas en anfibios (Duellman, 1970; Heyer, 1994; Lips *et al.*, 2001; Young *et al.*, 2004; Bustamante *et al.*, 2005; Cortez-Fernandez, 2006; Angulo, 2006; Ramírez, 2008a; Ramírez *et al.*, 2009; Yáñez-Muñoz *et al.*, 2010; Ortega-Andrade *et al.*, 2011).

Gallardo (1979), reporta que las épocas de reproducción de los anfibios chaqueños se hallan en coincidencia con las épocas de lluvia, lo que resulta de vital importancia en un área relativamente seca. Los anfibios salen de los refugios solamente en las épocas de lluvias, y algunas presentan formas cavícolas (ocultamiento bajo tierra, donde permanecen hasta que se produzcan las lluvias). Tal sería la adaptación de *Gastrotheca riobambae*, puesto que se pueden registrar renacuajos durante todos los meses del año pero la mayor parte de las reproducciones parecen ocurrir en la época más lluviosa (Del Pino, 1980; Ramírez, 2008b). De igual forma parecería suceder con la forma cavícola de ocultarse (Ramírez, 2008b; Wilmer Pozo, com. pers.).

La evaluación poblacional basada en cantos, podría ser similar al tamaño poblacional estimado, dada el área de muestreo y la relación entre machos y hembras de este estudio. Se detectó que las emisiones acústicas del RVSP eran más fuertes y frecuentes que las de Cuendina, los cantos se podían escuchar claramente en distancias de aproximadamente 500 m. Mientras que en Cuendina a los 300 m de distancia se los escucha con demora.

En cuanto a la LRC de los individuos, se reporta un promedio de 48,8 mm para machos y 59 mm para hembras. En contraste con lo citado por Duellman & Hillis (1987) donde reportan 57 mm en machos y 66 mm en hembras; mientras que Frolich *et al.*, 2003 reportan 50 mm en machos y 65 mm en hembras. Estos registros presentan menor tamaño al de los anteriores reportes y se puede observar que mientras transcurren los años se registran individuos de menor talla. Se observó que en Cuendina (donde la población aparentemente es más estable) los individuos registrados fueron de mayor rango que en el RVSP. Esto podría deberse a que las cualidades del hábitat afectan el tamaño corporal de las poblaciones.

Distribución vertical y horizontal.- El tipo de vegetación que ambas localidades presentó era sotobosque y matorrales con altura menor a 7 m. Y la altura máxima registrada para *G. riobambae* en ambas localidades fue entre 170-180 cm, dentro del sotobosque remanente; similar con lo registrado por Ramírez (2008b), donde registra una altura de 2.20 m. Aunque dependiendo del hábitat podrían ocupar estratos altos de aproximadamente 5 m (obs. pers.); mientras estos le brinden seguridad y camuflaje, especialmente cuando descansan, se asolean, cantan, posan, se desplazan en busca de alimento o simplemente para esconderse por sobrevivencia (Del Pino, 1980; Ramírez, 2008b). En el caso particular de Cuendina preferirían un estrato vertical bajo entre los 0-80 cm, tal como lo sugiere Frolich *et al.*, (2003). Probablemente los estratos bajos les brinden mayor protección de sus depredadores, debido a la

espesura de vegetación (Frolich *et al.*, 2003); aunque también dependería del hábitat (Del Pino, 1980; Ramírez, 2008b).

La distribución horizontal en el RVSP presentó un alejamiento de los cuerpos de agua, esto podría deberse a que en todas las acequias que cruzan por allí existía la presencia de truchas, y estas representan una gran amenaza para los renacuajos (Young *et al.*, 2004). Contrario en Cuendina donde la acequia y un pequeño riachuelo que la alimenta no posee truchas; y es aquí donde *Gastrotheca riobambae* prefiere estar más cerca de los cuerpos de agua. Y a pesar de que su reproducción se asocia con las lluvias (Del Pino, 1980; Ramírez, 2008b), no se avistaron renacuajos ni juveniles en ninguna localidad. La distribución espacial dentro del RVSP (en aproximadamente tres hectáreas) fue demasiado distante, se registró tres individuos (dos machos y una hembra) distanciados entre 240-300 m., distancia muy larga para que estos individuos se puedan encontrar (Saunders *et al.*, 1991). No obstante en el remanente (rodeado de pastizal) de la Hacienda Pilopata de aproximadamente dos hectáreas, las distancias entre 12 individuos (aproximadamente) varió entre 1 a 20 m. En contraste con la población de Cuendina donde en aproximadamente cinco hectáreas los individuos se encontraban distanciados entre 0-30m. También se pudo evidenciar en Cuendina el desplazamiento de hasta 12m (ámbito hogareño), similar con Ramírez (2008^b), donde registra el desplazamiento de 15 m en un individuo. El amplio distanciamiento entre individuos y congregaciones puede provocar la extinción de poblaciones (Saunders *et al.*, 1991; Hanski & Gilpin, 1991; Marsh & Trenham 2001; Cushman, 2006).

Uso de percha y hábitat.- Ambas localidades presentaron similar estructura vegetal de microhábitat y sustrato, y eso lo demuestra la similitud del 50% que en ambos casos se registra. Sin embargo parecería haber una preferencia de sustrato en hojas y ramas durante la época menos lluviosa. Lo mismo parecería ocurrir en la preferencia de microhábitats arbustivos en la época lluviosa. El zuro es una especie precursora en áreas intervenidas y también se lo encuentra en bosque secundario, sin embargo solo hubo un registro perteneciente a una hembra, la cual estaba bien camuflada entre los cogollos y nudos del zuro a una altura de 1,10 m dentro del RVSP. Y aunque este se hallaba con mayor frecuencia en el RVSP, no se obtuvieron más registros.

En cuanto a su hábitat natural, éste concuerda con Frolich *et al* (2003) y Coloma *et al* (2004). En este caso su hábitat se compone de césped, hojarasca, hierbas y helechos; arbustos espinosos y no espinosos, así como pequeños árboles dentro de una zona ganadera y cerca de ella. En ambas localidades sus poblaciones se hallan dentro de áreas con cierto grado de perturbación, a pesar de ello, se refugian y prefieren perchar dentro del sotobosque con matorrales que en los pastizales, también se asocian a cuerpos de agua con vegetación alrededor (Coloma *et al.*, 2004) sin depredadores como es la trucha (Young *et al.*, 2004). En el RVSP todas las acequias que cruzan por allí, poseen truchas y canales sin vegetación, contrario a Cuendina donde sus acequias

poseen vegetación remanente dentro de los canales y alrededor de ellos; en donde se pueden refugiar, buscar alimento y reproducirse. En ninguna localidad se observaron renacuajos, metamórficos o juveniles durante la época lluviosa; aunque tampoco se muestrearon los cuerpos de agua. Se observó además que las charcas de agua que se forman luego de las lluvias, eran drenadas rápidamente por las acequias en uno o dos días. Estos pequeños cuerpos de agua son el sitio vital para el desarrollo de los renacuajos (Duellman, 1970; Del Pino, 1975; Del Pino, 1980), y al no existir estos, las ranas estarían limitando su reproducción. Y su permanencia estaría determinada por su longevidad (Saunders *et al.*, 1991; Blaustein *et al.*, 1994).

Patrones de coloración.- Durante esta investigación se registraron diferentes patrones de coloración, los mismos que ayudaron a su fotoidentificación. En el anexo se muestran las diferentes coloraciones tanto del vientre como del dorso de 37 individuos. Escanta (2007) presenta ocho patrones de coloración dorsal mientras que Duellman & Hillis (1987) reportan sobre las diferentes coloraciones de la especie y muestran las coloraciones del vientre de ocho especímenes. Los diferentes patrones de coloración le permiten a esta rana camuflarse perfectamente en el hábitat y al parecer escoge los sitios de acuerdo a su coloración, adoptando diferentes posturas según sea su requerimiento (Del Pino, 1980; Ramírez, 2008). Los cambios en su coloración es evidente (Escanta, 2007; Ramírez, obs. per.), y es posible que la tonalidad oscura se relacione con la humedad y/o la ausencia de luz, y en sitios claros y templados, su coloración sea verdosa.

Estado de conservación y amenazas.- *Gastrotheca riobambae* (Fowler, 1913) de acuerdo con Coloma *et al* (2004), en UICN 2004-2010, le asignan la categoría En Peligro (EN), bajo los criterios A2ac. Mientras que Ron *et al* (2008) le califica como Vulnerable (VU), bajo los criterios de B1ab(iii). En el pasado probablemente sus categorías fueron asignadas sin tomar en cuenta estudios poblacionales, debido a la falta de interesados en esta área y debido a que se desconoce sobre su pasado poblacional, no se han establecido criterios más sólidos. Mediante este estudio se recomienda que se mantenga a este anfibio en la categoría En Peligro (EN), bajo los criterios A2ac+C2a(i)+D. Advirtiendo que podría encajar en la categoría En Peligro Crítico (CR), bajo los criterios C2a(i)+D de la UICN (2001).

Se asume que todos los individuos maduros registrados, son sanos y están en la capacidad de reproducirse; debido a que no presentaban malformaciones tampoco decaimiento, por el contrario se veían saludables. Algunas malformaciones son producidas por pesticidas (Young *et al.*, 2004). Y aunque en ninguna población se registraron anomalías, no se puede asegurar que podrían estar libres de pesticidas, debido a los bajos registros. Escanta (2007) reporta la malformación de tres patas en un individuo, tras manejar en cautiverio 50 individuos extraídos de una charca del Parque Metropolitano de Quito.

Batrachochytrium dendrobatidis fue reportado por primera vez por Berger *et al* (1998) y descrito por Longcore *et al* (1999). Para Ecuador y Sudamérica su primer reporte fue por Ron & Merino (2000). Posiblemente su origen sea África (Weldon *et al.*, 2004) o Japón u otra parte de Asia (Goka, 2010); aunque ambos coinciden que su expansión pudo deberse al fuerte comercio internacional a otras áreas geográficas. Sin embargo el desarrollo, la alteración de paisajes, y el ecoturismo que avanza, también podrían responder a la expansión del hongo (Goka, 2010). Un reciente estudio realizado en el parque Metropolitano de Quito, determinó que la población larvaria de *Gastrotheca riobambae* se ve afectada por la prevalencia de quitridiomycosis, sin embargo no se afirma que exista una disminución de la misma por la presencia del hongo patógeno (Manzano, 2010), estos datos coinciden en lo reportado por Woodhams *et al* (2007), donde comenta que la susceptibilidad a la quitridiomycosis varía entre las especies anfibias; como sería el caso de *A. ignescens* el cual declinó (Ron *et al.*, 2003). Razón por la cual se infiere que la potencial amenaza a corto plazo para esta especie no parece ser *Batrachochytrium dendrobatidis*, sino la acelerada conversión del hábitat lo cual genera poblaciones distantes incapaces de encontrarse debido a la presencia de barreras (Saunders *et al.*, 1991; Young *et al.*, 2004; Cushman, 2006). A esto se le suman los cambios climáticos con estaciones cálidas y prolongadas (Pounds *et al.*, 2006), las mismas que repercuten en la reproducción y desarrollo de renacuajos (Young *et al.*, 2004); además terminarían por secar a las ranas si estas no disponen de refugios (obs. per.).

Frolich *et al* (2003) registran a *Gastrotheca riobambae* en hábitat agrícola no disturbado, cerca de las fronteras del bosque y señala que se escondían en la base de los macizos de pastos y con poca frecuencia encima del suelo expuesto. Al parecer *Gastrotheca riobambae* posee adaptaciones a cambios bruscos en el hábitat y el ambiente, aunque se destaca al igual que en otros anuros la importancia de la cobertura arbórea para su presencia (Pineda *et al.*, 2005). La disposición de sotobosque y matorrales con cuerpos de agua, sin truchas (Young *et al.*, 2004), pero con vegetación (Coloma *et al.*, 2004), son los hábitats que favorecerían el desarrollo de renacuajos y la supervivencia de esta especie. Su abundancia podría estar determinada por la calidad de áreas poco disturbadas como sucedería en áreas cercanas a sitios poblados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante esta investigación se reporta la estimación del tamaño poblacional en 45 individuos (30 en Cuendina y 15 en el RVSP), basados en 56 capturas-recapturas de seis muestreos en dos localidades, esto en una superficie de aproximadamente cinco hectáreas. Su abundancia relativa fue poco común entre localidades y para Cuendina, mientras que en el RVSP fue rara. Debido a un efecto de muestreo, presentaron un mayor registro de machos con una relación de 5:1 en el RVSP y de 7:1 en Cuendina. En cuanto a la estimación acústica, fue similar al tamaño poblacional dado los sitios de muestreo.

Gastrotheca riobambae y otras especies del mismo género, son especies de difícil captura dada su coloración y camuflaje. Los machos pueden cantar mientras se los detecta, sin embargo al estar cerca de su captura pueden pasar hasta cerca de una hora en silencio, y entonces continúan vocalizando.

También se puede estimular el canto de los machos mediante la reproducción de grabaciones acústicas *play backs*, para capturarlos. Los machos suelen competir entre ellos emitiendo cantos de mayor volumen para delimitar su territorio o demostrar su jerarquía.

El registro de una hembra cerca de un macho cantor, dentro de su territorio, confirma la capacidad de crípsis en las hembras, aunque por otra parte su supervivencia podría estar limitada dada la relación entre sexos y la perturbación del hábitat. Los metamórficos y juveniles estuvieron ausentes en ambas localidades incluso durante la época lluviosa. Por lo cual se recomienda en general pero en especial al RVSP por ser un área protegida, incluir en el nuevo plan de manejo la creación de charcas artificiales, reintroducción y monitoreo de la especie; acompañado de una restauración del hábitat en pastizales, así como la ejecución de programas de educación ambiental.

Gastrotheca riobambae se asocia al sotobosque formado por arbustos, hojarasca, hierbas, helechos, entre otros y árboles pequeños como alisos o pumamaquis. Se la encuentra distribuida desde el suelo hasta una altura máxima de dos metros, prefiriendo estratos inferiores a 80 cm; aunque dependiendo de la cobertura vegetal podría alcanzar mayores alturas de percha, mientras estas le brinden seguridad y camuflaje. Este tipo de hábitat suele estar próximo a pastizales para ganado vacuno y caballar, y a acequias rodeadas de hierbas, plantas y hojarasca.

Para especies con evidentes variaciones en su coloración, se utilizó la fotoidentificación en flancos y dorsos (Anexo), ya que es una técnica fácil y menos agresiva, como es la técnica de amputación de falanges.

Las categorías establecidas para evaluar el género *Gastrotheca* pueden ser útiles en estudios poblacionales como censos o estimaciones, así como en evaluaciones rápidas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Becas de Investigación para la Conservación (PBIC) Fernando Ortiz Crespo de EcoCiencia y Conservación Internacional, y a José Luis Jara, quien Coordinó el Programa para financiar esta investigación. A Mario Yáñez-Muñoz, César Garzón y Marco Altamirano Benavides por las sugerencias en la elaboración del diseño, además de sus comentarios, ideas, consejos y equipos para realizar esta investigación. A Vladimir Valarezo del Ministerio del Ambiente, Dirección Provincial del

Ambiente Pichincha, por concedernos la autorización de investigación científica N° 011-2009-IC-FAU-DRAP/MA. A Fundación Natura, sus administradores y guarda parques del Refugio de Vida Silvestre Pasochoa que facilitaron el acceso a sus instalaciones. También a los comuneros de la Hacienda Pilopata por facilitarnos el acceso a un remanente lindero del RVSP. A Franklin Buses y la familia Buses, por permitirnos acceder a sus propiedades en Cuendina y ayudarnos de forma incondicional al desarrollo de este estudio. También a Roberto Caizatoa por su ayuda como guía local. A Patricia Rosero y Andrés Gutiérrez de la Universidad Central del Ecuador por su valiosa ayuda en la fase de campo. A la Fundación JASDUC, por su ayuda en la logística. También agradecemos al personal del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y sus colaboradores, como son: Santiago Ron, Andrea Manzano y Verónica Sáenz por su ayuda con el análisis de quitridiomycosis, a Eduardo Toral por la revisión y sugerencias del primer borrador así como mejoras a esta investigación, a Sofía Carvajal por sus sugerencias y comentarios sobre el estudio. A Mauricio Ortega por su revisión al manuscrito final. Y un especial agradecimiento a nuestras familias por su apoyo incondicional durante todo este estudio.

REFERENCIAS

- Almendáriz, A. & G. Orcés.** 2004. Descripción de algunas especies de la herpetofauna de los pisos: Altoandino, Templado y Subtropical. *Politécnica* 25(1):97-149.
- Arce, M.** 2009. Normal climática y distribución de la precipitación de la Hacienda El Prado-IASA. *Bol. Téc. 8, Ser. Zool.* 4-5: 126-128.
- Angulo, A., J.V. Rueda-Almonacid, J.V. Rodríguez-Mahecha & E. La Marca (Eds.).** 2006. *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina.* Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N° 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C.
- Berger L, R. Speare, P. Daszak, D.E. Green, A.A. Cunningham, C.L. Goggin, R. Slocome, M.A. Ragan, A.D. Hyatt, K.R. McDonald, H.B. Hines, K.R. Lips, G. Marantelli & H. Parkes.** 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rainforests of Australia and Central America. *Proc. Nat. Acad. Sci*, 95: 9031-9036.
- Blaustein, A.R., D. Wake & W. Sousa.** 1994. Amphibian Declines: Judging, Stability, Persistence, and Susceptibility of Populations to Local and Global Extinctions. *Conservation Biology*, 8 (1): 60-71.
- Boyle, D.G., Boyle, D.B., Olsen, V., Morgan, J.A.T., & A.D. Hyatt.** 2004. Rapid quantitative detection of chytridiomycosis (*Batrachochytrium dendrobatidis*) in amphibian samples using real-time Taqman PCR assay. *Dis. Aquat. Org.* 60:141-148.
- Bustamante, M.R., S. Ron & L. Coloma.** 2005. Cambios en la diversidad de siete comunidades de anuros en los Andes de Ecuador. *Biotrópica* 37(2): 180-189.

- Coloma, L.A., S. Ron & K.H. Jungfer.** 2004. *Gastrotheca riobambae*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <www.iucnredlist.org>. Consultado: Marzo 2011.
- Cortez-Fernandez, C.** 2006. Variación altitudinal de la riqueza y abundancia relativa de los anuros del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. *Ecología en Bolivia*, 41(1):46-64.
- Cushman, S.A.** 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation*. 128: 231-240.
- Del Pino, E.M.** 1975. Adaptaciones reproductivas para la vida terrestre del sapo marsupial *Gastrotheca riobambae* (Fowler), Anura, Hylidae. *Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador* 3(8): 119-140.
- Del Pino, E.M.** 1980. El mantenimiento y aspectos del comportamiento del sapo Marsupial *Gastrotheca riobambae* (Hylidae). *Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador* 7(27):41-49.
- Del Pino, E.M.** 1989. Marsupial frogs. *Scientific American* 260(5): 110-118.
- Dolman, B.** 1988. *Reptiles and Amphibians of Bosque Protector Pasochoa*. Fundación Natura. MIMEO. Quito - Ecuador.
- Duellman, W.E.** 1970. Hylid frogs of Middle America. *Monographs of the Museum of Natural History, University of Kansas* 1: 151-160.
- Duellman, W.E. & D.M. Hillis.** 1987. Marsupial frogs (Anura: Hylidae: *Gastrotheca*) of the Ecuadorian Andes: Resolution of Taxonomic problems and Phylogenetic relationships. *Herpetologica*. 43(2):141-173.
- Escanta, S.V.** 2007. *Manejo en semicautiverio de la rana marsupial andina (Gastrotheca riobambae), para educación ambiental en el Jardín Botánico de Quito, provincia de Pichincha*. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Ibarra - Ecuador.
- Faivovich, J., C.F.B. Haddad, P.C.A. García, D.R. Frost, J.A. Campbell & W.C. Wheeler.** 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bull. Am. Mus. of Nat. Hist.* 294: 15-16.
- Fowler, H. W.** 1913. Amphibians and reptiles from Ecuador, Venezuela, and Yucalan. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia* 65(2): 157-160.
- Frolich, L.M., N. Schultz, D. Almeida & F. Nogales.** 2003. *Las ranas de los Andes norte de Ecuador. Cordillera Oriental*. Abya Yala. Quito - Ecuador.
- Frost, D.R., T. Grant, J. Faivovich, R. Bain, A. Haas, C.F.B. Haddad, R.O. de Sá, S.C. Donnellan, C.J. Raxworthy, M. Wilkinson, A. Channing, J.A. Campbell, B.L. Blotto, P. Moler, R.C. Drewes, R.A. Nussbaum, J.D. Lynch, D. Green, & W.C. Wheeler.** 2006. The amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 297: 1-370.
- Frost, D.R.** 2011. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.5. American Museum of Natural History, New York, USA. Web site. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia>. Consultado: Marzo 2011.
- Gallardo, J.M.** 1979. Composición, distribución y origen de la herpetofauna Chaqueña. Pp 299-307. En: Duellman, W.E. (Ed). 1979. *The south american herpetofauna: It's origin, evolution and dispersal. The South*

- American Herpetofauna: Its origin, evolution and Dispersal. Monogr. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas. 7: 1-485*
- Goka K.** 2010. The struggle to mitigate negative impacts of invasive alien species in Japan. Pp 101-102. En: Koizumi, T., K. Okabe, I. Thompson, K. Sugimura, T. Toma & K. Fujita (Eds). 2010 *The role of forest biodiversity in the sustainable use of ecosystem goods and services in agroforestry, fisheries, and forestry*. Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki, Japan.
- Goka, K., J. Yokoyama, Y. Une, T. Kuroki, K. Suzuki, M. Nakahara, A. Kobayashi, S. Inaba, T. Mizutani & A.D. Hyatt.** 2009. Amphibian chytridiomycosis in Japan: distribution, haplotypes and possible route of entry into Japan. *Molecular Ecology*, 18: 4757-4774.
- Gross, J.** 2009. Declive en poblaciones de seis especies de anfibios anuros del páramo de Mucubají, Estado Mérida, Venezuela. *Herpetotrópicos* 5(1): 9-20.
- Hanski, I., & M. Gilpin.** 1991. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society* 42: 3-16.
- Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek & M. Foster.** 2001. *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos Estandarizados para Anfibios*. Editorial Universitaria de la Patagonia. Smithsonian Institution Press.
- IUCN,** 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <<http://www.iucnredlist.org>>. Consultado: Marzo 2011.
- Jijón, C. & X. Pazmiño.** 1990. *Plan de manejo del Bosque Protector Pasochoa*. Fundación Natura. Quito-Ecuador.
- Kriger, K.M., H. Hines, A.D. Hyatt, D.G. Boyle & J.-M. Hero.** 2006. Techniques for detecting chytridiomycosis in wild frogs: comparing histology with real-time Taqman PCR. *Diseases of Aquatic Organisms* 71: 141-148.
- Lips, K. R., J. K. Reaser, B. E. Young & R. Ibañez.** 2001. Monitoreo de Anfibios en América Latina: Manual de Protocolos. *Herpetological* 30: 1-115.
- Longcore, J.E., A.P. Pessier & D.K. Nichols.** 1999. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., chytrid pathogenic to amphibians. *Mycologia*, 91: 219-227.
- Manzano, A.L.** 2010. *Prevalencia de quitridiomycosis en la población larvaria de Gastrotheca riobambae del parque Metropolitano de Quito*. Tesis previa a la obtención de Ingeniera en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí - Ecuador.
- Marsh, D.M. & P.C. Trenham.** 2001. Metapopulation dynamics and amphibian conservation, *Conservation Biology*. 15(1): 40-49.
- Merino-Viteri, A.** 2001. *Análisis de posibles causas de las disminuciones de poblaciones de anfibios en los andes del Ecuador*. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito - Ecuador.
- Merino-Viteri, A., L. A. Coloma & A. Almendáriz.** 2005. Los Telmatobius de los Andes de Ecuador y su disminución poblacional. *Monogr. Herpetol.* 7: 9-37.






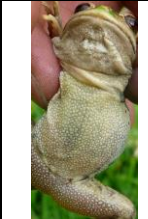


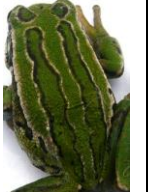


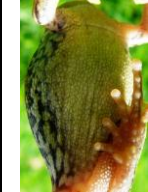










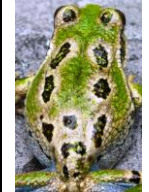




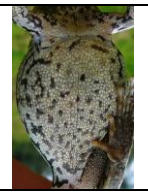








- Mueses-Cisneros, J.J.** 2005. Crítica a la asignación de la categoría de amenaza de *Gastrotheca ruizii* (Amphibia: Anura: Hylidae). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23(111): 303-308.
- Ortega-Andrade, H.M. C. Tobar-Suárez & M. Arellano.** 2011. Tamaño poblacional, uso del hábitat y relaciones interespecíficas de *Agalychnis spurrelli* (Anura: Hylidae) en un bosque húmedo tropical remanente del noroccidente de Ecuador. *Papéis Avulsos de Zoología* 51(1):1-19.
- Ortiz, A & M. Morales.** 2000. Evaluación ecológica rápida de la Herpetofauna en el Parque Nacional Llanganates. Pp. 109. En: Velásquez, M.A., M. Larrea y L. Suárez (Eds.). *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas.* Ecociencia, Ministerio del Ambiente, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural. Quito - Ecuador.
- Pineda, E., H. Halffter, C. Moreno & F. Escobar.** 2005. Transformación del bosque de niebla en agrosistemas cafetaleros: Cambios en las diversidades alfa y beta de tres grupos faunísticos. Pp. 177-190. En: Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic. 2005. *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma.* m3m-Monografías 3^{er} Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT, Zaragoza - España.
- Pounds, J.A., M. Bustamante, L.A. Coloma, J.A. Consuegra, M.P.L. Fogden, P.N. Foster, E. La Marca, K.L. Masters, A. Merino-Viteri, P. Puschenforf, S.R. Ron, G.A. Sánchez-Azofeifa, C.J. Still & B.E. Young.** 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 161-167.
- Ramírez, S.** 2008a. *Patrones de diversidad en la herpetofauna de cuatro gradientes altitudinales en la Reserva Biológica Tapichalaca. Zamora-Chinchipec. Ecuador.* Tesis previa a la obtención del Título de Licenciado en Ciencias Biológicas, Universidad Central del Ecuador. Quito - Ecuador.
- Ramírez, S.** 2008b. *Notas sobre ecología, etología y dinámica poblacional de Gastrotheca riobambae (Anura: Hemiphraetidae) en una localidad del Valle de los Chillos. Pichincha. Ecuador.* Reporte no publicado. Quito - Ecuador.
- Ramírez, S., P. Meza-Ramos, M. Yáñez-Muñoz & Reyes, J.** 2009. Asociaciones interespecíficas de anuros en cuatro gradientes altitudinales de la Reserva Biológica Tapichalaca, Zamora - Chinchipec, Ecuador. *Bol. Téc. 8, Ser. Zool.* 4-5:35-49.
- Ron, S.R. y A. Merino.** 2000. Declinación de anfibios del Ecuador: información general y primer reporte de chytridiomycosis para Sudamérica. *Froglog* 42: 2-3.
- Ron, S.R., W.E. Duellman, L.A. Coloma & M.R. Bustamante.** 2003. Population decline of the Jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology* 37: 116-126.
- Ron, S. R., J. M. Guayasamín, L. A. Coloma, & P. Menéndez-Guerrero.** 2008. Lista Roja de los Anfibios de Ecuador. Versión. 1.0. Museo de

Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. Web site. <http://www.puce.edu.ec/zoologia/sron/roja/>
Consultado: mayo 2009.

- Sarmiento, F. O.** 2001. *Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*. Ediciones Abya-Yala, Quito: CLAC-UGA, CEPEIGE, AMA [Primera edición digital de Diccionario de ecología, a cargo de José Luis Gómez-Martínez y autorizada para Proyecto Ensayo Hispánico. Octubre 2001].
- Saunders, D.A., R.J. Hobbs, and C.R. Margules.** 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- Terán, F.** 1972. *Geografía del Ecuador*. Editorial CYMA. Quito - Ecuador.
- UICN.** 2001. *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.
- Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios & R. Sierra.** 1999. Las formaciones naturales de la Sierra del Ecuador. Pp. 79-108. En: R. Sierra (Eds.). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Proyecto Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre/Global Environment Facility-Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Quito-Ecuador.
- Weldon C, L.H. Du Preez, A.D. Hyatt, R. Muller & R. Speare.** 2004. Origin of the amphibian chytrid fungus. *Emerging Infectious Diseases* 10: 2100-2105.
- Wiens, J.J., C. Kuczynski, W.E. Duellman & Reeder, T.W.** 2007. Loss and re-evolution of complex life cycles in marsupial frogs: can ancestral trait reconstruction mislead? *Evolution* 61-68: 1886-1899.
- Woodhams, D.C., K. Ardipradja, R.A. Alford, G. Marantelli, L.K. Reinert & L.A. Rollins-Smith.** 2007. Resistance to chytridiomycosis varies among amphibian species and is correlated with skin peptide defenses. *Animal Conservation* 10: 409-417.
- Yáñez-Muñoz, M., P. Meza-Ramos, M. Altamirano & C. Castro.** 2010. Estado poblacional de una rana nodriza (Anura: Dendrobatidae: *Hyloxalus delatorrae*), críticamente amenazada, en los Andes Norte de Ecuador. *Bol. Téc. 9, Ser. Zool.* 6:38-64.
- Young, B.E., S.N. Stuart, J.S. Chanson, N.A. Cox & T.M. Boucher.** 2004. *Joyas que Están Desapareciendo: El Estado de los Anfibios en el Nuevo Mundo*. Nature Serve, Arlington, Virginia.

ANEXOS

Patrones de coloración dorsal y ventral en los individuos de *Gastrotheca riobambae* del RVSP y Cuendina.

					
1 RVSP		2 Cuendina		3 Cuendina	
					
4 Cuendina		5 Cuendina		6 Cuendina	
					
7 Cuendina		8 Cuendina		9 Cuendina	
					
10 Cuendina		11 RVSP		12 RVSP	
					
13 Cuendina		14 Cuendina		11 RVSP	
					
12 RVSP		15 Cuendina		16 Cuendina	



