

PERTURBACIONES CLIMÁTICAS Y DISMINUCIÓN DE *ATELOPUS OXYRHYNCHUS* (AMPHIBIA: ANURA) EN LOS ANDES DE VENEZUELA

IRWIN J. GARCÍA¹, RUBÉN ALBORNOZ¹ Y ENRIQUE LA MARCA^{1,2}

¹ Laboratorio de Biogeografía, Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes, Mérida 5101, Venezuela.

Resumen: El declive de las poblaciones de las ranas arlequines (*Atelopus*) ha sido ampliamente documentado y pareciera estar relacionado con el fenómeno global de disminuciones de anfibios. Una de las especies afectadas es *Atelopus oxyrhynchus*, un anfibio endémico de la cuenca alta del río Chama, en los Andes venezolanos. Para tratar de encontrar respuestas al declive de esta especie, iniciamos el primer estudio en Venezuela que trata de relacionar estas disminuciones con perturbaciones climáticas locales en temperatura y precipitación. Para ello analizamos termo-pluviogramas diarios, mensuales y anuales para períodos comprendidos entre los años 1975 y 1990, con datos de la estación climatológica local Santa Rosa. Esta última está ubicada en un ambiente de bosque nublado que albergó la última población conocida dentro del rango de distribución de la especie. Encontramos una aparente correlación entre años que registraron valores de precipitación anormalmente secos y años donde se registraron disminuciones drásticas de *Atelopus oxyrhynchus*. Algunos de esos años mostraron, además, las temperaturas más cálidas para ese período. Se discute la relación entre la duración de días secos durante el veranillo de San Juan, un corto período seco dentro del régimen de cuatro estaciones que impera en la región de estudio, y la disminución de poblaciones de este anfibio. Los años más secos coincidieron con años de manifestación de la oscilación climática del Sur conocida como "El Niño". Las precipitaciones anormalmente bajas registradas en 1982-1983, 1987 y 1989 pudieron haber tenido una relación muy estrecha con la disminución de las poblaciones de *Atelopus oxyrhynchus*, así como de otras especies en el bosque nublado de Monte Zerpa.

Palabras clave: *Atelopus oxyrhynchus*, Amphibia, perturbaciones climáticas, extinciones, Andes, Venezuela.

Abstract: I.J. García, R. Albornoz and E. La Marca. "Climate disturbances and decline of *Atelopus oxyrhynchus* (Amphibia: Anura) in the Venezuelan Andes". The population declines in harlequin frogs (*Atelopus*) has been widely documented and they appear to be related to the global amphibian decline phenomenon. One of the affected species is *Atelopus oxyrhynchus*, an endemic amphibian from the Chama river basin, in the Venezuelan Andes. To find answers to the species decline, we initiated the first study in Venezuela trying to relate the frog declines with local climate disturbances in temperature and precipitation. We analyzed daily, monthly and annual thermo-pluviographs for the years 1975-1990, using data from a local climate station (Santa Rosa). The later is located within a cloud forest environment that housed the last known population within the distribution range of the species. We found an apparent correlation between the years that registered unusually dry values of precipitation, with the years where drastic population declines of *Atelopus oxyrhynchus* occurred. Some of these years showed, besides, the highest temperatures for this period. We discuss the relationship between the duration of dry days during the "veranillo de San Juan", a short dry period within a four-season climate regime that reign in the study area, and the population decline of this amphibian. The driest years coincided with years affected by the El Niño Southern Oscillation (ENSO). The unusually dry amounts of precipitation registered during 1982-1983, 1987 and 1989 could have a close relationship with the population declines in *Atelopus oxyrhynchus*, as well as to other species in the Monte Zerpa cloud forest.

Key words: *Atelopus oxyrhynchus*, Amphibia, climate disturbances, extinctions, Andes, Venezuela.

INTRODUCCION

De la región de los Andes se conoce la mayor diversidad de especies dentro del género *Atelopus* en Venezuela. De allí provienen siete especies (*Atelopus carbonerensis* Rivero, 1972; *Atelopus chrysocorallus* La Marca, 1996; *Atelopus mucubajiensis* Rivero, 1974; *Atelopus oxyrhynchus* Boulenger, 1903; *Atelopus pinangoi* Rivero, 1980; *Atelopus sorianoi* La Marca, 1983 y *A. tamaense* La Marca *et al.*, 1990) y una está en proceso de descripción (La Marca, en prep.). El declive de las poblaciones de estas ranas en los Andes venezolanos ha sido ampliamente reseñado y pareciera estar relacionado con un fenómeno global de disminuciones de anfibios. Al respecto, es notoria la crisis de biodiversidad evidenciada actualmente por los anfibios del mundo (Young *et al.* 2001, Stuart *et al.* 2004).

Esta crisis puede estar acelerada por factores diversos tales como la degradación y alteración de hábitat, enfermedades patógenas y cambios climáticos globales, entre otros (Pounds *et al.* 1999, Houlahan *et al.* 2000, Kiesecker *et al.* 2001, Daszak *et al.* 2003, La Marca *et al.* 2005).

Los anfibios son particularmente susceptibles a pequeños cambios en humedad y temperatura, por lo que es de esperar que cambios en estos parámetros puedan afectarlos, en especial si entran en relaciones aún no bien comprendidas con agentes patógenos, comportamiento reproductivo y sensibilidad hacia agentes ambientales. Condiciones extremas de altas temperaturas y bajas precipitaciones han sido señaladas, en mayor o menor medida, como posible causa de disminuciones de algunas poblaciones de anfibios

² Enviar correspondencia a / Corresponding author:
enrique.lamarca@gmail.com

(e.g. McCarty 2001, Collins y Storer 2003, Ron *et al.* 2003, Burrowes *et al.* 2004, Merino-Viteri *et al.* 2005); pero la relación entre cambios climáticos y las causas inmediatas de disminuciones de anfibios son complicadas (Pounds 2001, Blaustein y Kiesecker 2002, Walther *et al.* 2002).

La Marca y Reinthaler (1991) habían considerado los cambios climáticos como uno de los posibles factores involucrados en las extinciones de ranas andinas del género *Atelopus*. Aparte de estas consideraciones, en Venezuela no se habían hecho estudios que relacionaran cambios climáticos con disminuciones de anfibios hasta que implementamos esta investigación. Para estos fines, consideramos oportuno y más fácil desde el punto de vista de la logística y disponibilidad de datos, el trabajar con la especie *Atelopus oxyrhynchus*. Se tomó como lugar de investigación el bosque nublado de Monte Zerpa, al Norte de la ciudad de Mérida, en los Andes venezolanos, lugar donde era común y fue vista por última vez esta especie de rana arlequín. Con datos de allí, realizamos un análisis de termo-pluviogramas diarios y anuales para los años comprendidos entre 1975 y 1990, enfocados en determinar si existía algún vínculo entre la ocurrencia de anomalías u otro indicio de cambios climáticos locales en el bosque nublado de Monte Zerpa y la aparentemente drástica desaparición de las poblaciones de la especie en este enclave montañoso suramericano. Adicionalmente esperábamos que los resultados de esta investigación constituyesen un aporte al conocimiento geográfico en lo que respecta a la climatología y biogeografía de las selvas nubladas de la cuenca alta del río Chama en los Andes de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Escogimos trabajar con la especie *Atelopus oxyrhynchus* (Fig. 1) por ser esta la que presentaba las mejores facilidades para la investigación (e.g. número de ejemplares en museos, registros climatológicos disponibles y acceso rápido hacia la localidad de estudio). Hicimos una revisión de los ejemplares de *Atelopus oxyrhynchus* depositados en las colecciones CVULA (Colección de Vertebrados de la Universidad de Los Andes) y ULABG (Colección de Anfibios y Reptiles del Laboratorio de Biogeografía de la Universidad de Los Andes), que dispone de las muestras más importantes de esta especie en el área de estudio, con el fin de obtener registros históricos. Adicionalmente, hicimos un chequeo de campo en septiembre de 2002 como oportunidad adicional de búsqueda de poblaciones de esta especie, así como para constatar las condiciones del área de estudio.

Como área de estudio escogimos el bosque nublado de Monte Zerpa (Fig. 2) por ser una región donde era frecuente observar *Atelopus oxyrhynchus* en el pasado reciente, así como por disponer de los registros climatológicos más completos para cualquier población de esta especie. Se encuentra localizada al Norte de la ciudad de Mérida, municipio Libertador del estado Mérida, en la cuenca alta del río Chama, porción central de los Andes venezolanos; pertenece hidrográficamente a la sub-cuenca del río Milla, la cual a su vez conforma la cuenca del río Albarregas (Piñero 1985, Silva 1999). Está dominada por un bosque nublado (o bosque muy húmedo montano bajo, en la clasificación de Ewel *et al.* 1976) y ocupa un

área de aproximadamente 990 ha. Para una búsqueda exhaustiva de la especie, escogimos Quebrada La Honda (Fig. 3), un riachuelo de montaña para el cual disponemos de suficientes registros históricos de presencia de la especie.

Para el análisis de datos climáticos (temperatura y precipitación) detallados, seleccionamos la estación climatológica Santa Rosa (serial 3101, 8°38'00"N y 71°09'00"W, 1920 msnm), por estar localizada dentro del rango de distribución altitudinal de la unidad ecológica de selva nublada andina y en las cercanías del bosque nublado de Monte Zerpa. Con los datos de esta estación elaboramos 160 termo-pluviogramas diarios para los años comprendidos entre 1975 y 1990, período para el cual disponíamos de la mayor cantidad de muestras de la especie y los registros climáticos más completos para el área de estudio.

RESULTADOS

Características ambientales

Monte Zerpa presenta una cobertura vegetal de bosque nublado de alta montaña (Fig. 2), un ecosistema constituido por diversas comunidades vegetales perennifolias, mixtas, muy heterogéneas y ricas en especies. Sus árboles son de gran tamaño (de hasta 20 y 25 m) y presentan troncos y ramas cubiertas casi completamente por otras plantas (bromelias, helechos, orquídeas, aráceas, líquenes y musgos). El sustrato del bosque está constituido por abundantes plantas arbustivas, así como por helechos y palmas. Este bosque nublado se caracteriza por presentar una precipitación promedio anual entre 2000 y 3000 mm y temperaturas entre 17 y 6 °C. El régimen de precipitación que presenta este bosque nublado andino, al igual que otras regiones cercanas, es del tipo tetraestacional (La Marca y Piñero 1996), es decir, que presenta dos períodos relativamente secos, uno (el más pronunciado) de diciembre a marzo

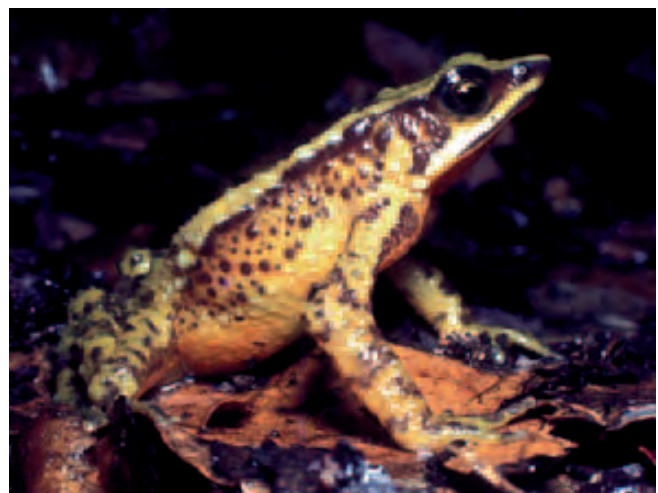


FIG. 1. La rana arlequin de Mérida (*Atelopus oxyrhynchus*), anfibio endémico de la cuenca andino venezolana del río Chama. Ejemplar capturado el 22 junio 1979. Foto de P. Soriano.

Merida's harlequin frog (*Atelopus oxyrhynchus*), endemic amphibian from the Venezuelan Andean Chama river basin. Specimen captured on 22 June 1979. Photo by P. Soriano.

y otro (más moderado) de junio a mediados de agosto (este último conocido como Veranillo de San Juan); así como dos periodos húmedos, uno que va de abril a mayo y otro desde septiembre hasta noviembre (Fig. 4). La temperatura oscila entre los 21.4 y 12.2 °C, con un valor promedio anual de 17.5 °C.

El 22 de septiembre de 2002 realizamos inspecciones diurnas en dos quebradas (riachuelos) de montaña, uno ubicado a 1975 m.s.n.m. y otro (quebrada "La Honda", Fig. 3) a 2100 m.s.n.m., ambos en el camino que conduce desde Santa Rosa, al Norte de la ciudad de Mérida, hacia la Laguna Albarregas en el Páramo de Los Conejos. No detectamos ejemplares de anfibios con actividad diurna [i.e. *Atelopus oxyrhynchus* o *Nephelobates alboguttatus* (Boulenger, 1903)] en cualquiera de estos dos sitios. En la quebrada La Honda era común encontrar ambas especies hasta finales de la década de los ochenta en el siglo pasado. Un estudio ecológico que incluyó *Atelopus oxyrhynchus* y que fue realizado en esta última quebrada (Piñero 1985) detectó 17 ejemplares de esta especie en 1983; de allí también proviene el último ejemplar conocido de la especie para el área, capturado en 1983 (el único otro ejemplar reciente, el último ejemplar conocido de la especie, proviene de la región de La Carbonera; La Marca y Lötters 1997; Tabla 1). En Quebrada La Honda observamos depósitos de sedimentos y rocas que iban de granulometría mediana a pequeña (cantos rodados), así como troncos caídos y arrastrados por el cauce, sugerentes de "crecidas" recientes de este riachuelo (Fig. 3). Para la fecha de nuestra inspección, esta quebrada tenía entre 12 y 15 m de ancho; la cobertura del dosel en ese lugar era, en promedio, aproximadamente de un 25% con cielo abierto (75% de cobertura vegetal). Estos datos contrastan con las condiciones observadas durante la década de los años 80's del siglo pasado, cuando la quebrada tenía entre 3 y 9 m de ancho (Piñero 1985) y un dosel relativamente más cerrado (obs. pers.).



FIG. 2. Bosque nublado en Monte Zerpa, visto desde el complejo de la Universidad de Los Andes en La Hechicera, al Norte de la ciudad de Mérida. Foto de E. La Marca, 22 septiembre 2002.

Cloud forest at Monte Zerpa, as seen from the University of Los Andes campus at La Hechicera, North of the city of Mérida. Photo by E. La Marca, 22 September 2002.

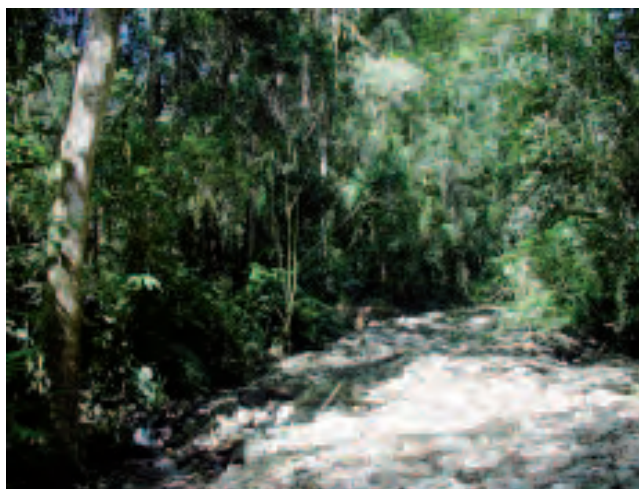


FIG. 3. Quebrada La Honda, 2100 msnm, en Monte Zerpa. Nótese el lecho rocoso y los troncos caídos dentro del cauce. Foto por E. La Marca, 22 septiembre 2002.

La Honda mountain stream, 2100 m.asl, in Monte Zerpa. Note numerous rocks and fallen tree-trunks within the stream-bed. Photo by E. La Marca, 22 September 2002.

Registro histórico de colectas

La fauna de anfibios de Monte Zerpa fue reseñada por La Marca (1994) y está conformada por las especies *Atelopus oxyrhynchus*; *Centrolene andinum* (Rivero, 1968); *C. venezuelense* (Rivero, 1968); *Nephelobates alboguttatus*; *Eleutherodactylus vanadisae* La Marca, 1984; *Hyloscirtus jahni* (Rivero, 1961) y *H. platydactylus* (Boulenger, 1905). En las cercanías de la estación meteorológica Santa Rosa (1900 a 2000 m.s.n.m.) detectamos una acelerada intervención antrópica con tendencia a incrementarse en los próximos años por actividades tales como la construcción de viviendas con fines residenciales y turísticos, la expansión de la frontera agrícola, establecimiento de potreros, siembra de coníferas introducidas y la invasión de los terrenos de las zonas bajas del bosque nublado. En sitios abiertos bajo clima de bosque nublado en la región hemos localizado *Dendrosophis meridensis* (Rivero 1961). La intervención y modificación del hábitat puede explicar la presencia en la porción inferior de Monte Zerpa de dos especies adicionales en el lugar, *Hypsiboas aff. crepitans* y *Leptodactylus* sp., ranas propias de ambientes a menor elevación (La Marca 1994). Las muestras de museo revelan que la especie habitaba ambientes desde bosque nublado hasta sub-páramo en la cuenca del río Chama, a elevaciones entre 2060 y 2880 m.s.n.m. (Tabla 1). 25 de los 57 ejemplares estudiados provienen del área de estudio, donde fueron capturados durante el periodo comprendido entre 1970 y 1983. Exploraciones llevadas a cabo durante la década de los años 90 del siglo pasado y los primeros años del siglo XXI no han revelado ejemplares adicionales de la especie en todo su rango de distribución, lo cual sugiere que la especie esté en peligro crítico y que muchas de sus poblaciones puedan estar extintas.

Registros climáticos

Los datos de precipitación en la estación Santa Rosa para el período

comprendido entre los años 1975 y 1990, muestran que la misma registra un régimen pluviométrico de tipo tetraestacional. Los regímenes pluviométricos tetraestacionales septentrionales en los Andes tropicales afectan la vertiente noroccidental de los Andes en Venezuela y porciones septentrionales de los Andes en Colombia; se caracterizan por una alternancia a lo largo del año de dos períodos lluviosos con dos secos, que delimitan cuatro estaciones hídricas sucesivas (Sarmiento 1986); la estación más seca se da en el invierno boreal mientras que la otra menos seca en el verano del hemisferio Norte. En la estación Santa Rosa, que es representativa del clima del área de estudio en Monte Zerpa, un primer período marcadamente seco transcurre desde finales de noviembre hasta principios de marzo, mientras que un segundo período seco más moderado se presenta desde junio hasta agosto (este último se denomina comúnmente como "veranillo" en Colombia, o como "veranillo de San Juan" en los Andes de Venezuela, por la coincidencia de su manifestación con la fecha de las festividades de San Juan, el 24 de junio). Los períodos de altas precipitaciones se suceden uno, de principios de abril hasta mediados de mayo y el otro, más pronunciado hacia octubre, desde mediados de septiembre hasta mediados de noviembre (Fig. 4).

Los termoplúviogramas elaborados a partir de los datos provenientes de la estación climática de Santa Rosa para los años que registraron precipitación baja, especialmente durante el primer período lluvioso del año (Fig. 5) muestran que el patrón de precipitación de tipo tetra-estacional se mantiene a lo largo del tiempo, a pesar de ciertas irregularidades (particularmente en los primeros cuatro meses del año) durante períodos anormalmente secos de ciertos años. Para 1982 se observa una anomalía en el mes de marzo, cuando las lluvias entraron un mes más tarde de lo normal; en este año se registró un valor total anual de 2341.1 mm. En 1983

la precipitación se mantuvo por encima de los 2000 mm (2002.7 mm); sin embargo, durante el período húmedo de septiembre a noviembre las lluvias estuvieron muy por debajo de la media mensual de estos meses; presentándose las lluvias esta vez durante el mes de agosto.

Durante 1984 hubo un comportamiento muy irregular de la precipitación, donde los primeros cinco meses no tuvieron casi lluvias. El comportamiento de la precipitación para 1986 mostró un patrón muy similar al de 1982, debido a que durante el primer trimestre de lluvias se presentó un período de precipitaciones bajas en el mes de marzo. Para 1987, el termo-pluviograma muestra un patrón sin aparentes anomalías; sin embargo, en los meses de marzo a abril la precipitación estuvo por debajo de la media mensual; asimismo, el total de precipitación estuvo por debajo de los 2000 mm (1864.7 mm). El termoplúviograma de 1989 muestra un patrón de distribución de precipitaciones con una anomalía en el mes de abril; en condiciones relativamente normales, este período muestra lluvias por encima de los 100 mm mensuales.

Las temperaturas promedio anuales para el período 1975-1990 fueron variables, con valores extremos de 16.43 °C en el año 1975, el más frío de la serie, hasta 17.84 °C en 1981, que fue el año más cálido. Los años consecutivos más cálidos fueron de 1981 a 1983, con una temperatura promedio de 17.61 (0.5 °C por encima del promedio para el período estudiado, que fue de 17.11 °C). El último lustro del período estudiado arrojó un valor promedio de 17.15 °C.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

¿Sinergia entre actividades humanas, cambio climático y declive de anfibios?

Los registros de museos hacen suponer que *Atelopus oxyrhynchus* era una especie común hasta mediados de la década de 1980, cuando su abundancia se redujo drásticamente en toda el área de estudio, hasta finalmente dejar de ser notoria, o haber desaparecido, antes del año 1990 (La Marca y Reinthaler 1991; este estudio, ver Tabla 1). La destrucción del hábitat original de la especie, que se hizo sostenidamente desde la llegada de los europeos en la época de la conquista, probablemente tuvo un impacto considerable en las poblaciones de *Atelopus oxyrhynchus*, hasta el punto de llevarla a sobrevivir en unos pocos enclaves de bosque nublado en la cuenca del río Chama. Hace poco más de tres décadas (cerca de 1970) la especie era común hasta el ecotono con el páramo, en la cuenca alta del río Mucujún, pero para mediados de la década siguiente había desaparecido de esos lugares. Podemos suponer que, en tiempos recientes, desapareció primero allí por el incremento de la intervención humana a través de la agricultura y la cría de ganado vacuno. Todos los individuos capturados o vistos más recientemente provienen en su totalidad de ambientes boscosos protegidos (como el Parque Nacional Sierra Nevada y el bosque protegido de San Eusebio, en La Carbonera) o de bosques relativamente poco intervenidos (como los de Monte Zerpa, en las inmediaciones del Parque Nacional La Culata). Se carece de información sobre el efecto de la contaminación sobre especies de *Atelopus* en los Andes venezolanos, pero los pesticidas y fertilizantes químicos de campos agrícolas que eventualmente llegan a los ríos probablemente hayan afectado algunas poblaciones (La Marca y Reinthaler 1991). Es curioso notar

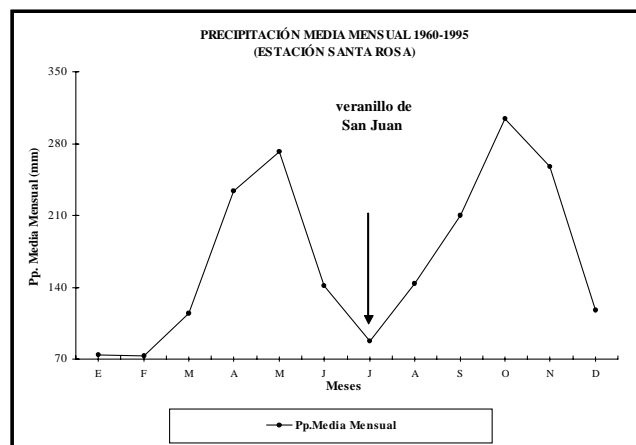


FIG. 4. Comportamiento de la precipitación media mensual para el período 1960-1995 en la estación climatológica de Santa Rosa, estado Mérida, Venezuela. Destaca el régimen de precipitaciones de tipo tetra-estacional que afecta a toda la región, con dos períodos lluviosos separados por un corto período seco (llamado "veranillo de San Juan").

Mean monthly values for the period 1960-1995 in the climate station Santa Rosa, Merida State, Venezuela. A conspicuous middle-year dry period (called the "veranillo of San Juan"), separates the two peaks of precipitation that characterize the four-seasonal ("tetra-estacional") pluviometric regime.

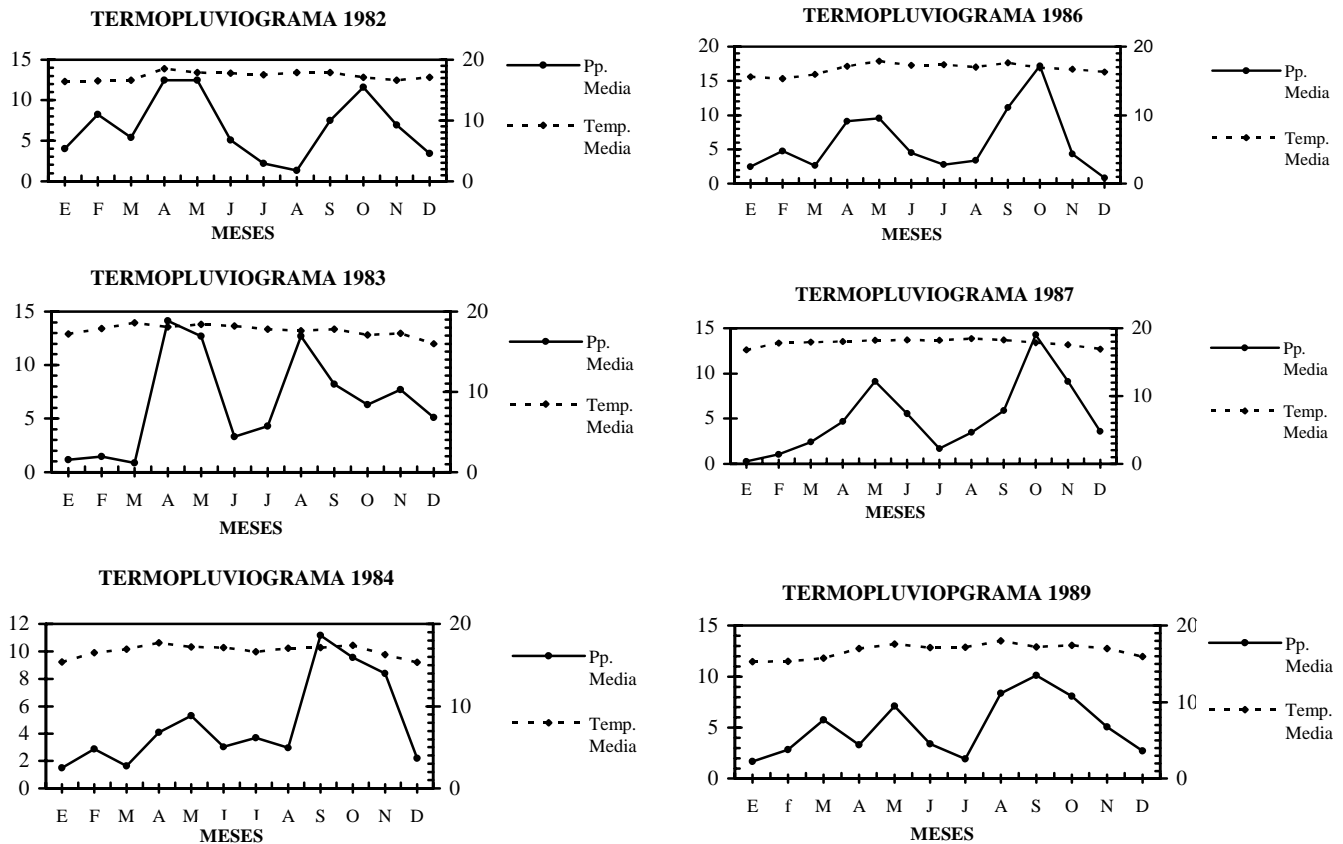


FIG. 5. Termo-pluviogramas para la estación Santa Rosa que ilustran la distribución de las precipitaciones y temperaturas promedio mensuales durante los años "críticos" (de precipitaciones relativamente menores) dentro del período 1960-1995.

Thermo-pluviographs for Santa Rosa climate station depicting the distribution of monthly mean temperature and precipitation during "critic" years (those with relatively low precipitation values) within the 1960-1995 period.

de nuevo que las poblaciones de *Atelopus oxyrhynchus* en la región de La Culata, donde hay una actividad agrícola muy acentuada, aparentemente desaparecieron primero que otras con menor o nula intervención, como las de Monte Zerpa y La Mucuy.

Una serie de factores, como los señalados por La Marca y Reinhthaler (1991), pudieron haber actuado (y estar actuando) en sinergia para afectar adversamente el tamaño poblacional de esta especie de rana arlequín y otros anfibios. Aunque no se le ha prestado suficiente atención, en algunos casos, la sobre-extracción de individuos en los últimos reductos poblacionales pudo haber colaborado con el declive en general. Una revisión en diferentes museos reveló la presencia de unos 150 individuos preservados de *Atelopus oxyrhynchus*, cifra solamente superada por *Atelopus carbonerensis*, del que se conocen unos 400 ejemplares (La Marca y Reinhthaler 1991). Estas cifras seguramente no son representativas del número total de individuos recolectados para diferentes propósitos.

Cuando una población está en declive, incluso perturbaciones aparentemente localizadas pueden resultar desastrosas. Por ejemplo, inundaciones súbitas, como las que suponemos afectaron la quebrada La Honda en Monte Zerpa poco antes de nuestra inspección en el 2002, pueden impactar adversamente sobre las especies que se

reproducen en su cauce. Todo el esfuerzo reproductivo en un solo lugar se puede perder por una inundación repentina. Si a esto le sumamos una reproducción fallida o reducida durante períodos de sequía pronunciada en años subsiguientes, entonces estaríamos en presencia de una serie de años desfavorables para el reclutamiento de la especie.

Varios son los estudios que se han llevado a cabo en muchos países para determinar si en efecto la variabilidad del clima ha influido en la disminución de diferentes especies de anfibios. En Costa Rica, por ejemplo, Pounds y Crump (1994) documentaron el efecto adverso de las fluctuaciones anormales del clima sobre las poblaciones de anfibios en la selva nublada de Monteverde. Se maneja escasa información sobre posibles cambios climáticos en los Andes venezolanos, pero un aumento de la incidencia de sequías en la región pudo haber colaborado con las disminuciones de las poblaciones de anfibios locales. Estas sequías parecen responder a una reducción considerable de la cobertura boscosa original. La disminución de la cobertura boscosa, por ejemplo, pudo haber contribuido con cambios en los patrones de formación de nubes, lo cual pudo haberse traducido en condiciones más secas en las montañas (cf. Pounds y Pushendorf 2004). Las deforestaciones y los patrones

TABLA 1. Ejemplares de *Atelopus oxyrhynchus* en museos venezolanos en Mérida. Siglas: CVULA= Colección de Vertebrados de la Universidad de Los Andes; ULABG= Colección de anfibios y reptiles del Laboratorio de Biogeografía de la Universidad de Los Andes.

TABLE 1. Specimens of *Atelopus oxyrhynchus* in Venezuelan Merida's museums. Acronyms: CVULA= Vertebrates' Collection of the University of Los Andes; ULABG= Amphibians and reptiles' collection of the Laboratory of Biogeography, University of Los Andes.

(N° de individuos) y colección	Fecha Día-mes-año	Altitud (m.s.n.m)	Localidad (Estado Mérida, Venezuela)
(1) CVULA	07-10-1970	-----	Valle Grande, La Culata
(17) CVULA	07-10-1970	-----	La Culata
(5) CVULA	25-05-1975	-----	La Culata
(4) CVULA	08-10-1978	-----	La Carbonera
(2) CVULA	28-06-1978	-----	Monte Zerpa
(2) CVULA	28-04-1978	-----	Monte Zerpa
(1) CVULA	25-02-1979	2200	Monte Zerpa
(3) CVULA	22-06-1979	2300	Monte Zerpa
(2) CVULA	16-10-1979	2880	La Culata
(1) CVULA	02-07-1981	2620	Mesa de los Pinos
(1) CVULA	28-04-1982	2200	Monte Zerpa
(1) CVULA	03-04-1983	2880	La Culata
(12) ULABG	21-05-1983	-----	Monte Zerpa
(4) ULABG	18-05-1983	-----	Monte Zerpa
(1) ULABG	25-05-1986	2400	La Carbonera

alterados de precipitación pueden actuar en sinergia para producir condiciones inusualmente secas, así como eventuales aumentos rápidos de la erosión potencial que pueden producir crecidas más fuertes. En la tabla 2 se puede observar, partiendo de la premisa no necesariamente cierta de que todos los ejemplares vistos fueron capturados, cómo algunos años de colectas de pocos individuos de *Atelopus oxyrhynchus* coinciden cronológicamente con años cuando se registraron condiciones más secas de lo normal en la cuenca del río Chama. Tal es el caso de los años 1982, 1983, 1984, 1986-1987 y 1989; de cuyos años, 1984 marca el aparente declive de *Atelopus oxyrhynchus*; lo cual coincide, además, con la culminación del ciclo de El Niño de 1982-1983, el cual se sabe tuvo consecuencias biológicas fatales en otras regiones, como en Costa Rica (cf. Pounds y Crump 1994).

El análisis de los termopluiogramas construidos a partir de los registros de precipitaciones en la estación climatológica de Santa Rosa reveló la existencia de años anormalmente secos para el período comprendido entre 1975 y 1990. Estos años secos se correspondieron con los períodos 1982-1983, 1984, 1986-1987 y 1989. De estos períodos, 1982-1983 y 1986-1987 coinciden con la ocurrencia del fenómeno cíclico de El Niño (Capel 1999). Silva (1992) reportó la existencia de períodos anormalmente secos en la cuenca alta del río Chama, los cuales se manifestaban con una frecuencia de

dos años secos cada once años. Para nuestro período de estudio, Silva (1992) señaló que los años que registraron los períodos más secos fueron 1984, 1987 y 1989, lo cual coincide con nuestros resultados.

Una comparación de los termopluiogramas para los años que registraron precipitación baja en Monte Zerpa durante el lapso comprendido entre 1975 y 1990 (Fig. 5) muestra como, aún cuando se mantiene un patrón de precipitación de tipo tetraestacional, en el primer trimestre correspondiente al primer período lluvioso de cada año ocurrieron fuertes disminuciones en el aporte de lluvias. Esto último es particularmente notorio para los años 1983, 1986 y 1989, coincidentes con la manifestación de la oscilación climática del Sur conocida como Fenómeno El Niño.

Los registros en la estación climática de Santa Rosa para el período 1975-1990 sugieren una tendencia al aumento de la temperatura promedio anual en Monte Zerpa hacia finales de la década de los años ochenta y comienzos de los noventa del siglo pasado, en comparación con la década relativamente más fría de 1970. Soriano (1983) presentó un clima-diagrama para la misma estación, donde indica una temperatura promedio anual de 16.9°C para el período 1968-1979. Si se comparan entre sí estos datos de temperatura que cubren poco más de dos décadas casi a finales del siglo XX, época que coincide con el declive de las ranas *Atelopus* en

los Andes de Venezuela, notamos un aparente aumento de las temperaturas. Hulme y Sheard (1999) notaron que en algunas regiones de países de los Andes del Norte (Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú) la temperatura media anual se ha incrementado alrededor de 0.8°C en el último siglo; aún cuando la temperatura nocturna se ha incrementado más rápidamente que la temperatura durante el día, cuando menos en Colombia y Venezuela. El estudio de una serie más larga de registros de temperatura, utilizando diferentes aproximaciones, entre ellas la técnica de promedios móviles, permitirá probablemente determinar la tendencia al calentamiento en el área de estudio.

Años anormalmente secos para el período de estudio 1975-1990 fueron 1982, 1983, 1984, 1986, 1987 y 1989. Los dos primeros años estuvieron a su vez entre los más cálidos. La interacción entre sequía y altas temperaturas pudo haber tenido algún efecto adverso en *Atelopus oxyrhynchus*, pero no podemos ser concluyentes dado que, entre otros aspectos, los requerimientos fisiológico-ecológicos y límites de tolerancia termo-hídrica de estos anfibios son desconocidos. No tenemos datos que documenten continuamente el declive de la población de *Atelopus oxyrhynchus* en Quebrada La Honda en Monte Zerpa; no obstante, existe un dato de un individuo encontrado muerto flotando en el agua en el período de mayo a agosto de 1983 (Piñero 1985). Quizás este hallazgo marca el comienzo del declive de este anfibio en Monte Zerpa, justo durante el evento de El Niño de 1982-1983, cuando las temperaturas de la superficie del mar en la margen oriental tropical del océano Pacífico fueron significativamente más cálidas que durante otros eventos, como el de 1986-1987 (Alexander y Eischeid 2001). Este último evento ha sido asociado con la desaparición de anfibios en el bosque nublado de Monteverde, en Costa Rica (Pounds y Crump 1994, Pounds *et al.* 1999). Aún cuando no podamos atribuir el declive de las poblaciones de anfibios en bosques nublados neotropicales como Monte Zerpa a las perturbaciones climáticas, quizás ellas son parte de la respuesta. Desconocemos las complejas interacciones entre el clima y diversos organismos. Por ejemplo, Piñero (1985) encontró durante su estudio ecológico en Monte Zerpa para 1983-1984 una abundancia de parásitos intestinales (nematodos y Acanthocephala) en *Atelopus oxyrhynchus* y *Nephelobates alboguttatus*. El hecho que ambas especies sean las únicas que han desaparecido del área de estudio, que ambas sean diurnas, terrestres y asociadas con riachuelos de montaña, sugiere una posible conexión todavía no estudiada que involucra el clima con ciertos agentes patógenos y sus huéspedes.

El último ejemplar conocido de *Atelopus oxyrhynchus* fue capturado en el año 1986. Paradójicamente, este es uno de los pocos registros que sustentan su simpatría con otra especie igualmente amenazada, *Atelopus carbonerensis*. El declive acentuado después del año 1986 pudiera estar relacionado con la oscilación de El Niño de 1986-1987, que suponemos sea la causa de las condiciones anormalmente secas y temperaturas más altas en 1987 en Monte Zerpa. Esta última situación encuentra parangón en las condiciones de precipitaciones anormalmente bajas y temperaturas anormalmente altas, coincidentes con los niveles de caudal más bajos registrados en muchos años en la localidad de Monteverde en Costa Rica, que afectaron las

poblaciones de *Atelopus varius* y *Bufo periglenes* (Pounds y Crump 1994).

¿Reclutamiento limitado ligado a cambios en las precipitaciones?

Procesos ecológicos diversos pueden afectar el reclutamiento de una especie, causando pérdida de descendientes que, alternativamente, hubieran podido sobrevivir en condiciones más favorables. La disminución acentuada del caudal de los riachuelos y el desecamiento de los charcos que quedan puede afectar negativamente el reclutamiento de las ranas *Atelopus*, sobre todo en aquellos lugares que exhiben un corto período de ausencia de lluvias a mediados del año ("veranillo"). Lynch (1986) propuso que este "veranillo" marca el comienzo del desove en *Atelopus* de bosques nublados que tienen períodos de sequía largos y cortos (como los que se suceden en regímenes pluviométricos tetraestacionales). Lynch (1986) argumentó que las hembras dividirían su complemento ovárico en varias puestas pequeñas para disminuir la probabilidad de desecación y pérdida total del complemento ovárico (número de óvulos maduros).

No se conoce detalles sobre los aspectos reproductivos de *Atelopus oxyrhynchus*; sin embargo, el inicio de la actividad reproductiva pudiera localizarse a comienzos del año, tal como ha sido reportado para *A. carbonerensis*. En esta última especie, simpátrica con *A. oxyrhynchus* en la región de La Carbonera, la reproducción toma lugar desde principios de mayo hasta finales de junio (Dole y Durant 1974), coincidente con el "veranillo". El comportamiento anómalo de la precipitación en Monte Zerpa durante el veranillo de San Juan pudo haber incidido negativamente en la reproducción de *Atelopus oxyrhynchus*, sobre todo en años como 1982 y 1986, cuando el valor medio de este período estuvo muy por debajo de la media normal (41.9 mm). El estudio ecológico llevado a cabo por Piñero (1985) de febrero 1983 a febrero 1984, reveló parejas en amplexo reproductivo únicamente en mayo y junio. Adultos no apareados fueron encontrados desde mayo hasta agosto; sin embargo, ningún individuo se localizó entre enero y abril. Es probable que la reproducción de *Atelopus oxyrhynchus* tenga lugar en la antesala y durante el Veranillo de San Juan, dando lugar a movilizaciones de adultos desde el bosque hacia las quebradas que ya han disminuido su caudal para esa fecha. En la movilización participarían más activamente las hembras, ya que los machos, de acuerdo con Piñero (1985) se mantendrían en las cercanías de las quebradas para cuidar su territorio.

No se han realizado estudios climatológicos para determinar las variaciones de duración del Veranillo de San Juan. Nosotros hicimos una primera aproximación para establecer el rango de días aproximados en los cuales ocurre el veranillo, basándonos en el estudio descriptivo de los termopluviogramas diarios y anuales de la estación climatológica de Santa Rosa para el período 1975-1990. De este estudio se desprende que las fechas aproximadas de inicio y culminación del período de bajas precipitaciones que se presenta en parte de la cuenca del río Chama son entre el 11 y el 26 de junio hasta entre el 3 y el 15 de julio, dependiendo del año (Tabla 2). Las mayores amplitudes de días de "veranillo", en comparación con otros

años de la serie 1975-1990, cuando variaron de 4 a 11 días, se dieron en los años 1982 (con 21 días), 1983 (13 días), 1986 (24 días), 1987 (30 días) y 1989 (20 días). Estas amplitudes mayores, a excepción de la del año 1989, se corresponden con sendas manifestaciones del fenómeno El Niño (ENSO) en esos mismos años. En el par de años 1982-1983 abarcó entre dos y tres semanas, coincidiendo con el ciclo de El Niño 1982-1983, evento considerado como el más intenso del siglo XX (Capel 1999) y coincidente con la disminución de poblaciones de *Atelopus oxyrhynchus* reportada por La Marca (1995). Para el período 1986-1987 el Veranillo de San Juan se presentó durante 3 a 4 semanas, coincidente también con el fenómeno de El Niño. La duración del Veranillo de San Juan de 1989 (casi 3 semanas), no coincide con ningún evento El Niño, aunque este año fue reportado como seco para la cuenca del río Chama (Silva 1999). Por otra parte, en los años donde las precipitaciones no presentaron anomalías, la duración del Veranillo de San Juan osciló entre 4 y 14 días, presentándose su inicio entre las fechas 21 y 29 de junio, y su culminación entre los días 1 y 10 de julio; notamos que la amplitud fue mucho menor en relación con los años que presentaron sequías más prolongadas. La amplitud mayor

TABLA 2. Fechas de inicio y culminación aproximadas del fenómeno "Veranillo de San Juan" en Monte Zerpa, Venezuela, para el período 1975-1990.

TABLE 2. Dates of approximate beginning and culmination of the phenomenon "Veranillo of San Juan" in Monte Zerpa, Venezuela, for the period 1975-1990.

Año	Veranillo de San Juan		Amplitud de duración (días)
	Junio	Julio	
1975	29	05	6
1976	26	01	6
1977	28	06	9
1978	23	06	14
1979	29	02	4
1980	28	10	13
1981	21	01	11
1982	13	03	21
1983	21	03	13
1984	29	02	4
1985	---	---	---
1986	11	04	24
1987	12	12	30
1988	22	02	11
1989	26	15	20
1990	25	05	11

de días de sequía durante algunos años pudo haber contribuido con un menor reclutamiento para *A. oxyrhynchus* y otras especies de *Atelopus* andinos en climas tetraestacionales, afectando quizás su supervivencia.

¿Relación entre clima y declive?

Si bien es cierto que no se puede establecer con certeza cuáles son los efectos que generan las anomalías climáticas sobre los anfibios en Monte Zerpa, es posible comparar entre escenarios que de alguna manera han presentado problemas similares con declive de anfibios. El caso documentado para el bosque nublado de Monteverde, en Costa Rica, donde desaparecieron *Atelopus varius* y *Bufo periglenes* (Pounds y Crump 1994) puede equipararse al del bosque nublado de Monte Zerpa, donde desaparecieron poblaciones de *Atelopus oxyrhynchus* y *Nephelobates alboguttatus*. En ambos casos podemos correlacionar los declives de estos anfibios con situaciones anormalmente secas durante el período 1986-1987, específicamente entre abril y mayo para Monteverde y entre abril y julio para Monte Zerpa. Las anomalías del clima en ambas localidades para fechas similares pueden ser parte de la respuesta a las desapariciones de poblaciones de ranas en estos lugares distantes pero afectados por un mismo fenómeno de proporciones continentales. Nuestros resultados, junto con los de Silva (1999) sugieren que las precipitaciones anormalmente bajas registradas en 1982-1983, 1987 y 1989 pudieron haber tenido una relación muy estrecha con la disminución de las poblaciones de *Atelopus oxyrhynchus*, así como de otras especies, en la selva nublada de Monte Zerpa.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo nació como una iniciativa del tercer autor para buscar respuestas a la disminución de *Atelopus* en los Andes de Venezuela. Resultados parciales inéditos fueron presentados por los dos primeros autores (Albornoz y García 2003) como requisito parcial para optar al título de Geógrafo. Agradecemos todas las facilidades y cortesías extendidas por estudiantes, profesores y personal de la Escuela de Geografía de la Universidad de Los Andes (ULA). Agradecemos particularmente a Daniel De Jesús, Rosa Ramírez y Gustavo Silva por sus valiosos comentarios que ayudaron a mejorar el manuscrito. Ramón Jaimes proporcionó amablemente la base de datos de la estación climatológica Santa Rosa, de la ULA, la cual fue clave para la realización de esta investigación. Pascual Soriano generosamente facilitó la fotografía para la figura 1.

REFERENCIAS

- Albornoz R., R. e I. García B. 2003. Estudio de la precipitación y temperatura en la selva nublada de Monte Zerpa y sus posibles implicaciones en la disminución de poblaciones de *Atelopus oxyrhynchus* (Mérida, Venezuela). Tutor Principal: E. La Marca. Trabajo Especial de Grado para optar al Título de Geógrafo. Escuela de Geografía, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 103 pp. + 1 mapa.
- Alexander, M.A. y J.K. Eischeid. 2001. Climate variability in regions of amphibian declines. *Conservation Biology* 15(4):930-942.

- Blaustein, A.R. y J.M. Kiesecker. 2002. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters* 5:597-608.
- Burrowes, P.A., R.L. Joglar y D.E. Green. 2004. Potencial causes for amphibian declines in Puerto Rico. *Herpetologica* 60(2):141-154.
- Capel, J. 1999. El Niño y el Sistema Climático Terrestre. Editorial Ariel. Barcelona España. 130 p.
- Collins, J.P. y A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distribution* 9:89-98.
- Daszak, P., A. Cunningham y D. Hyatt. 2003. Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity & Distributions* 9:141-150.
- Dole, J. y P. Durant. 1974. Movements and activity of *Atelopus oxyrhynchus* (Anura: Atelopodidae) in a Venezuelan cloud forest. *Copeia* 30(1):230-235.
- Ewell, J., A. Madriz y J.A. Tosi, Jr. 1976. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. MAC-FONAIAP. Caracas, Venezuela. 270 pp + 1 mapa.
- Houlahan, J.E., C.S. Findlay, B.R. Schmidt, A.H. Meyer y S.L. Kuzmin. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* 404:752-755.
- Hulme, M. y N. Sheard. 1999. Escenarios de cambios climáticos para países de los Andes del Norte. Climatic Research Unit at University of East Anglia; Norwich, UK. 6 p. Disponible en: <http://www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/research/andes.pdf>.
- Kiesecker, J.M., A.R. Blaustein y L.K. Belden. 2001. Complex causes of amphibian population declines. *Nature* 410:681-684.
- La Marca, E. 1994. Ecología de anfibios en dos ambientes contrastantes (selva nublada y páramo) de la Cordillera de Mérida, Venezuela. Anuario de Investigación 1991 (Instituto de Geografía, Univ. Los Andes):31-37.
- La Marca, E. 1995. Venezuelan harlequin frogs: in the face of extinction? *Reptilian Magazine*:22-24.
- 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(2):190-201.
- La Marca, E. y S. Lötters. 1997. Monitoring of declines in Venezuelan *Atelopus*. Pp. 207-213. In W. Böhme, W. Bischoff y T. Ziegler (eds). *Herpetologia Bonnensis*. Bonn, Germany.
- La Marca, E. y J. Piñero B. 1996. Hábitos alimentarios de *Nepheleobates albobuttatus* (Anura: Dendrobatidae) en una selva nublada andina de Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 44 (2):827-823.
- La Marca, E. y H.P. Reinhaller. 1991. Population changes in *Atelopus* species of the Cordillera de Mérida Venezuela. *Herpetological Review* 22(4):125-127.
- Lynch, J.D. 1986. Notes on the reproductive biology of *Atelopus subornatus*. *Journal of Herpetology* 20(1):126-129.
- McCarty, J.P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15(2):320-331.
- Merino-Viteri, A., L.A. Coloma y A. Almendáriz. 2005. Los *Telmatobius* de los Andes de Ecuador y su disminución poblacional. Monografías de Herpetología 7 (Asociación Herpetológica Española):9-37.
- Piñero, J. 1985. Ecología trófica de una comunidad de anuros (Amphibia) de selva nublada en los Andes merideños. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad de los Andes, Mérida. 106 p.
- Pounds, J.A. 2001. Climate and amphibian declines. *Nature* 410:639-640.
- Pounds, A y M. Crump. 1994. Amphibian declines and climate disturbance: the case of the golden toad and the harlequin frog. *Conservation Biology* 8(1):72-85.
- Pounds, A., M. Fogden y J. Campbell. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398:611-614.
- Pounds, J. A. y R. Puschendorf. 2004. Clouded futures. *Nature* 427:107-109.
- Ron, S.R., W.E. Duellman, L.A. Coloma y M.R. Bustamante. 2003. Population decline of the jambato frog, *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology* 37:116-126.
- 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.
- Silva, G. 1992. Análisis preliminar de sequías en la cuenca del río Chama a nivel anual y mensual. Pp. 172-180. In IV Encuentro Nacional Clima, Agua y Tierra. IV Jornadas Nacionales de Hidrología, Meteorología y Climatología. Caracas Venezuela.
- Silva, G. 1999. Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, Estado Mérida, Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana* 40(1):9-41.
- Soriano, P.J. 1983. La comunidad de quirópteros de las selvas nubladas en los Andes de Mérida. Patrón reproductivo de los frugívoros y las estrategias fenológicas de las plantas. Tesis de Maestría. Postgrado en Ecología Tropical. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Stuart, S., J.S. Chanson, N.A. Cox., B.E. Young, A.S.L. Rodrigues, D.L. Fishman y R.W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306:1783-1786.
- Walther, G.R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. Beebee, J.M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg y F. Bairlein. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416:389-395.
- Young, B.E., K.R. Lips, J.K. Reaser, R. Ibanez, A.W. Salas, J.R. Cedeno, L.A. Coloma, S. Ron, E. La Marca, J.R. Meyer, A. Munoz, F. Bolaños, G. Chaves y D. Romo. 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology* 15:1213-1223.