

---

# LA DESAPARICIÓN DE LOS SAPITOS ARLEQUINES (*Atelopus*) EN VENEZUELA: INTRODUCCIÓN Y PROPAGACIÓN DEL HONGO QUÍTRIDO *Batrachochytrium dendrobatidis*

MARGARITA LAMPO, DINORA A. SÁNCHEZ, FRANCISCO NAVA-GONZÁLEZ, CARMEN ZULAY GARCÍA y ALDEMAR ACEVEDO

---

## RESUMEN

La desaparición de varias especies de sapitos arlequines (*Atelopus*) en Venezuela ha sido vinculada a la presencia del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), el agente etiológico de la quitridiomycosis cutánea en anfibios. Se ha propuesto que este patógeno fue introducido en 1977 a la cordillera de la Costa, desde donde se propagó hacia la cordillera de Mérida. No obstante, algunos registros de Bd en ejemplares de museo

contradicen este escenario. Con base en la distribución espacio-temporal de las fechas de colección de ejemplares de las especies de *Atelopus* disponibles en varias colecciones herpetológicas y de registros de Bd en estos ejemplares se propone un escenario alternativo de introducción y propagación de este patógeno en Venezuela.

Los anfibios son los animales más amenazados de extinción en Venezuela. Cerca de la mitad de los vertebrados 'en peligro crítico' son anfibios (Rodríguez y Rojas-Suárez, 2008). De las once especies clasificadas bajo esta categoría, nueve son sapitos arlequines del género *Atelopus*. Estos sapitos desaparecieron durante los años 80 y 90, y ninguna de sus especies puede ser localizada hoy excepto el sapito rayado, *Atelopus cruciger* (Rodríguez-Contreras *et al.*, 2008). La introducción del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) parece haber sido un factor determinante en la desaparición de la mayor parte de las especies de *Atelopus* (Bonaccorso *et al.*, 2003, Lampo *et al.*, 2006). La alta incidencia de este patógeno en muestras histológicas provenientes de los últimos ejemplares recolectados de cuatro especies de sapitos arlequines evidencian

epidemias en sus poblaciones, poco antes de que desaparecieran (Bonaccorso *et al.*, 2003, Lampo *et al.*, 2006). *B. dendrobatidis* ha sido vinculado a disminuciones drásticas en poblaciones de otras 12 especies de sapitos arlequines en Centroamérica y otros países de Suramérica (La Marca *et al.*, 2005). Como consecuencia, *Atelopus* es actualmente el más amenazado de todos los géneros de anfibios neotropicales (IUCN *et al.*, 2008).

El origen de esta pandemia ha sido materia de debate desde hace varios años (Pounds *et al.*, 2006, Alford *et al.*, 2007, Lips *et al.*, 2008, Rohr *et al.*, 2008). Algunos autores atribuyen la aparición de brotes epidémicos en varias regiones a los cambios climáticos recientes, que produjeron un aumento en la patogenicidad del hongo o en la vulnerabilidad de sus hospederos (hipótesis del patógeno endémico; Pounds *et*

*al.*, 2006, Alford *et al.*, 2007, Laurance, 2008). Otros, por el contrario, sugieren que estas epidemias se han desarrollado como resultado de la reciente dispersión de *B. dendrobatidis* en poblaciones de anfibios nunca antes expuestas a este patógeno (hipótesis del patógeno novel; Laurance *et al.*, 1996, Weldon *et al.*, 2004, Rohr *et al.*, 2008). La similitud genética entre cepas del hongo provenientes de regiones geográficamente distantes apoyan a esta última hipótesis (Morehouse *et al.*, 2003, Morgan *et al.*, 2007, Rohr *et al.*, 2008, James *et al.*, 2009).

Por otra parte, la distribución espacio-temporal de las disminuciones en algunas regiones del mundo sugieren una propagación gradual de epidemias como resultado de la llegada del patógeno (Skerratt *et al.*, 2007, Lips *et al.*, 2008). En Australia, por ejemplo, las primeras disminuciones ocurrieron hacia

---

**PALABRAS CLAVE / Anfibios / *Atelopus* / *Batrachochytrium dendrobatidis* / Enfermedades / Especies Introducidas / Extinción /**

Recibido: 10/10/2011. Modificado: 12/12/2011. Aceptado: 13/12/2011.

**Margarita Lampo.** Investigadora, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Venezuela. Dirección: Centro de Ecología, IVIC. Apartado 20632, Caracas 1020A, Venezuela. e-mail: mlampo@ivic.gob.ve

**Dinora A. Sánchez.** Estudiante Graduada, IVIC, Venezuela. e-mail: alexandraturimiquire@gmail.com

**Francisco Nava-González.** Profesional Asistente de Investigación, IVIC, Venezuela. e-mail: fnava@ivic.gob.ve

**Carmen Zulay García.** Profesional Asistente de Investigación, IVIC, Venezuela. e-mail: czgarcia@ivic.gob.ve

**Aldeamar Acevedo.** Estudiante Graduado, IVIC, Venezuela. e-mail: bioaldeamar@gmail.com

---

finales de los años 70 en el sureste del estado de Queensland, desde donde se propagaron hacia el norte y hacia el sur (Laurance *et al.*, 1996). Una segunda introducción, 15 años después, pudo haber originado otros frentes de dispersión en el suroeste del continente (Skerratt *et al.*, 2007). En Centroamérica, la primera disminución de la cual se tiene conocimiento ocurrió en Costa Rica durante 1987 (Pounds *et al.*, 2011). Desde allí, las epidemias se propagaron hacia el sureste hasta alcanzar a Panamá una década más tarde (Lips *et al.*, 2008). En Suramérica, el registro más antiguo de *Bd* es de 1980, y proviene de Ecuador (Ron y Merino-Viteri, 2000). Le sigue en antigüedad otro recolectado en 1986 en el norte de Venezuela (Bonaccorso *et al.*, 2003). Lips *et al.* (2008) propusieron un escenario

probable de dispersión de *Bd* en Suramérica basado en múltiples introducciones, desde donde se podrían haber originado varios frentes de propagación; dos de ellos, uno en dirección norte y el otro hacia el sur, se originarían en la provincia de Cañar en Ecuador, y un tercero se iniciaría en la cordillera de la Costa al norte de Venezuela y se propagaría en dirección oeste hacia la cordillera de Mérida.

En Venezuela, sin embargo, la distribución espacio-temporal de las disminuciones de anfibios no devela un escenario claro de introducción y propagación de *Bd*. A partir de la distribución espacial de ejemplares de anfibios depositados en varias colecciones herpetológicas, se propusieron fechas probables del colapso de las poblaciones de una especie de *Atelopus* en la cordillera de la Costa, y de seis otros *Atelopus* en la cordillera de Mérida (Lips *et al.*, 2008). Con excepción de *A. cruciger* y *A. mucubajensis*, que fueron vistos recientemente después de haber desaparecido por varias décadas, estas fechas coinciden con el último registro de cada especie de *Atelopus* en las colecciones herpetológicas (Lips *et al.*, 2008). Con base en esas fechas, estos autores reconstruyeron un escenario probable de introducción y propagación de *B. dendrobatidis* en Venezuela (Lampo *et al.*, 2009). Este escenario, sin embargo, muestra contradicciones con las fechas

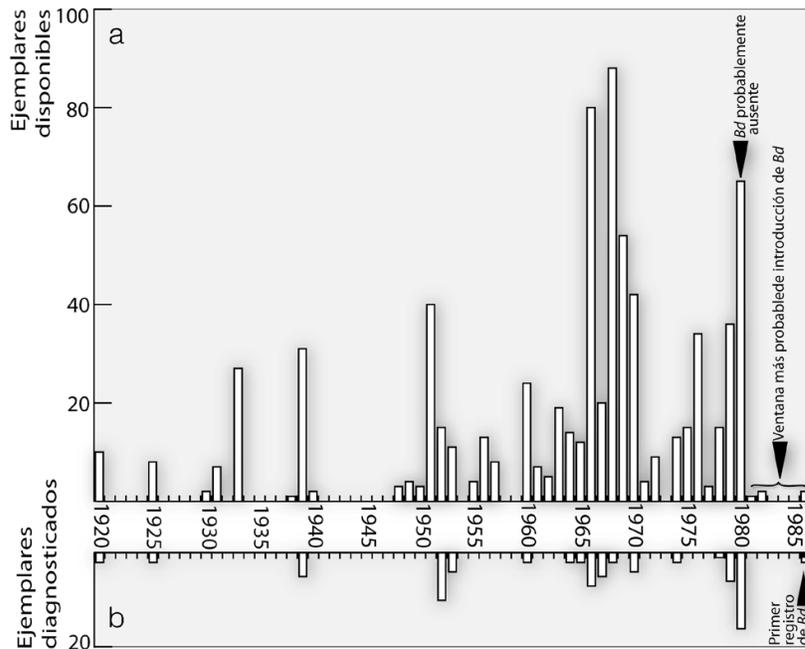


Figura 1. Número de ejemplares de *Atelopus cruciger* en cuatro colecciones nacionales (EBRG, MHNLS, MIZA, ULABG) y ocho extranjeras (CAS, CM, FMNH, CU, MCZ, MVZ, UMMZ, USNM). a: número de ejemplares disponibles en las colecciones, y b: número de ejemplares diagnosticados por histología para la presencia de *Batrachochytrium dendrobatidis* (datos adaptados de Bonaccorso *et al.*, 2003).

de algunos de los registros de *Bd*. En este artículo se propone un escenario alternativo, a la luz de la evidencia disponible sobre la distribución espacio-temporal del patógeno en Venezuela.

#### La cordillera de la Costa: introducción de *B. dendrobatidis* en Venezuela.

Según Lips *et al.* (2008), *B. dendrobatidis* (*Bd*) fue introducido en Venezuela en la cordillera de la Costa en 1977, en donde produjo disminuciones drásticas en las poblaciones de *A. cruciger*. Estas disminuciones habrían quedado evidenciadas en el número reducido de ejemplares depositados durante 1977 en 12 colecciones nacionales y extranjeras (Bonaccorso *et al.*, 2003). No obstante, la primera evidencia de la presencia de *Bd* en el país proviene de un ejemplar de *A. cruciger* recolectado cerca de Bejuma (estado Carabobo) en la cordillera de la Costa en 1986 (Bonaccorso *et al.*, 2003), nueve años después. Si bien sólo dos ejemplares fueron depositados en estas colecciones en 1977, existen otros años casi desprovistos de muestras (Figura 1a), debido probablemente a una variación en la intensidad de la actividad de exploración, u otros factores intrínsecos a la dinámica de las poblaciones de anfibios. Por ejemplo, existe una correlación significativa entre el número de ejemplares depositados en estas colecciones duran-

te cada año y la precipitación anual (Pearson's- $\chi^2= 4.381$ ,  $P=0.036$ ). Asimismo, la tasa de captura de adultos de *A. cruciger* varía drásticamente entre la estación de sequía y la de lluvia (Lampo *et al.*, 2011). No obstante, a excepción del último periodo, que se extendió por casi dos décadas (1986–2002), los años con pocos ejemplares, incluyendo 1977, fueron sucedidos por otros, durante los cuales se depositaron numerosos ejemplares (Figura 1a). Por ejemplo, durante los tres años subsiguientes a 1977, se depositaron más de un centenar de ejemplares de esta especie en estas

12 colecciones (Figura 1a). De haber sido introducido *Bd* en 1977 y haber producido disminuciones drásticas similares a las documentadas en otras regiones (Lips *et al.*, 2006), las poblaciones de *A. cruciger* debieron haber disminuido significativamente antes de 1980. Por otra parte, los diagnósticos de ejemplares recolectados en los tres años posteriores a 1977 no evidenciaron epidemias. Entre 1977 y 1980 se recolectaron 23 ejemplares de *A. cruciger* (Figura 1b) provenientes de tres localidades a menos de 50km del primer registro de *Bd*, ninguno de los cuales mostró evidencia de infección (Bonaccorso *et al.*, 2003). Aunque no se puede descartar la posibilidad de que *Bd* estuviera presente en alguna localidad no muestreada antes de 1980, es más probable que el hongo fuera introducido a la cordillera de la Costa entre 1980 y 1986.

#### De la cordillera de la Costa a la cordillera de Mérida: ¿dispersión o múltiples introducciones?

Lips *et al.* (2008) sugieren que, una vez introducido en la cordillera de la Costa, *Bd* se dispersó hacia el oeste hasta llegar a la cordillera de Mérida. El primer registro de este hongo en la cordillera de Mérida data de 1988 (Lampo *et al.*, 2006). Si se parte de la premisa que el patógeno llegó a la cor-

dillera de la Costa entre 1980 y 1986, a una localidad cercana al primer registro, la dispersión entre ambas cordilleras debió haber ocurrido en un período máximo de ocho años (1980-1988) y, por tanto, a una velocidad no menor de 45km/año. Aún cuando esta tasa de dispersión está dentro del intervalo de dispersión de *Bd* estimado en la cordillera Central en Centroamérica (15-45km/año; Lips *et al.*, 2008), la cordillera de la Costa y la cordillera de Mérida están separadas por la depresión

de Turbio-Yaracuy, un corredor de 10km de ancho con una orografía que no excede 500m de altitud y una temperatura promedio aproximada de 25,8°C. Aun cuando *Bd* ha sido detectado en varios anfibios de zonas bajas y calientes (Kriger y Hero, 2006, Puschendorf *et al.*, 2006) su prevalencia tiende a ser menor, debido a su sensibilidad a las altas temperaturas (Woodhams y Alford, 2005, Kriger *et al.*, 2007). Por tanto, las tasas de transmisión deben ser también menores en estas zonas. Por otra parte, desde la depresión de Turbio-Yaracuy hasta el Páramo de San Francisco (estado Mérida), en donde se encontraron evidencias de *Bd* en dos ejemplares de *A. mucubajiensis* (Figura 3), hay al menos 280km de distancia sobre un gradiente altitudinal de 2400m. La dispersión de *Bd* a lo largo de este gradiente requeriría del transporte activo del patógeno por sus hospederos. La tasa máxima de dispersión del sapo común, *Rhinella marina*, una especie invasora que ha quintuplicado la velocidad a la cual se dispersa en Australia durante los últimos 60 años, es de 50km/año (Phillips *et al.*, 2006). A esta tasa de dispersión, se requerirían más de cinco años sólo para remontar la cordillera de Mérida desde la depresión de Turbio-Yaracuy hasta el Páramo de San Francisco. Pareciera más probable que *Bd* fuera introducido independiente en la cordillera de Mérida y en la cordillera de la Costa.

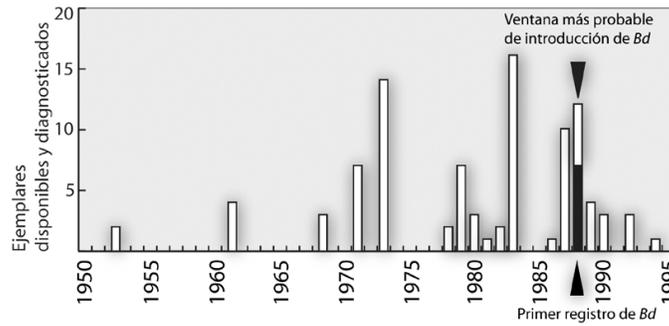


Figura 2. Número de ejemplares de diez especies de *Atelopus* de la cordillera de Mérida diagnosticados por histología para la presencia de *Batrachochytrium dendrobatidis* en cuatro colecciones herpetológicas nacionales (EBRG, MHNLS, MIZA, ULABG). Datos tomados de Lampo *et al.* (2006).

### La cordillera de Mérida: ¿Oleadas epidémicas o epidemias sincronizadas?

Lips *et al.* (2008) propusieron un escenario de propagación de *Bd* a través de la cordillera de Mérida, que se iniciaría en 1988 en una población de *A. mucubajiensis* en el Páramo de Santo Domingo (estado Mérida), y desde donde el patógeno se dispersaría en dirección suroeste hasta llegar a una población de *A. soriano* en el Paramito de San Francisco en 1995. No obstante, en algunas de estas localidades existe evidencia de la presencia de *Bd* varios años antes de la fecha estimada

de disminución (Lampo *et al.*, 2006). Por ejemplo, en el paramito de San Francisco, se recolectaron cuatro ejemplares de *A. soriano* con evidencias de infección en 1988, siete años antes de la fecha de llegada propuesta. Lo mismo sucedió en La Carbonera, en donde se detectó un ejemplar infectado de *A. carbonerensis* en 1988, pero su llegada, de acuerdo a la fecha probable de disminución, no ocurriría sino en 1993. Una explicación posible para estos retardos entre los primeros registros de *Bd* y las fechas estimadas de las disminuciones

es que las epidemias persistieron por varios años antes de producir disminuciones drásticas en las poblaciones de *Atelopus*. No obstante, la secuencia de estos eventos en regiones en donde el fenómeno ha sido bien documentado sugieren que el colapso de las poblaciones ocurre pocos meses después de la llegada de *Bd* (Lips *et al.*, 2006). Alternativamente, las fechas de los últimos registros de las especies de *Atelopus* en la cordillera de Mérida no reflejan con precisión el año en el cual colapsaron sus poblaciones. Las poblaciones pudieron haber disminuido significativamente antes de que se depositaran los últimos ejemplares en las colecciones.

Por el contrario, la presencia de *Bd* en 1988 en tres localidades en la cordillera de Mérida sugiere un escenario diferente al de la dispersión gradual del patógeno a lo largo de esta cordillera. Las tres localidades en donde se detectó *Bd* en 1988 están ubicadas en una franja de 130km (Figura 3). Para haber alcanzado esa distribución en un solo año, el patógeno debió haberse dispersado a 130km/año, una velocidad mucho mayor que la estimada en Centroamérica, o alternatively, debió haber llegado a algunas de estas localidades antes de 1988 y haber mantenido prevalencias altas que permitieran su detección en pocas muestras años más tarde. En 1983 se recolectaron 16 ejemplares de *A. oxhyrinchus* pro-

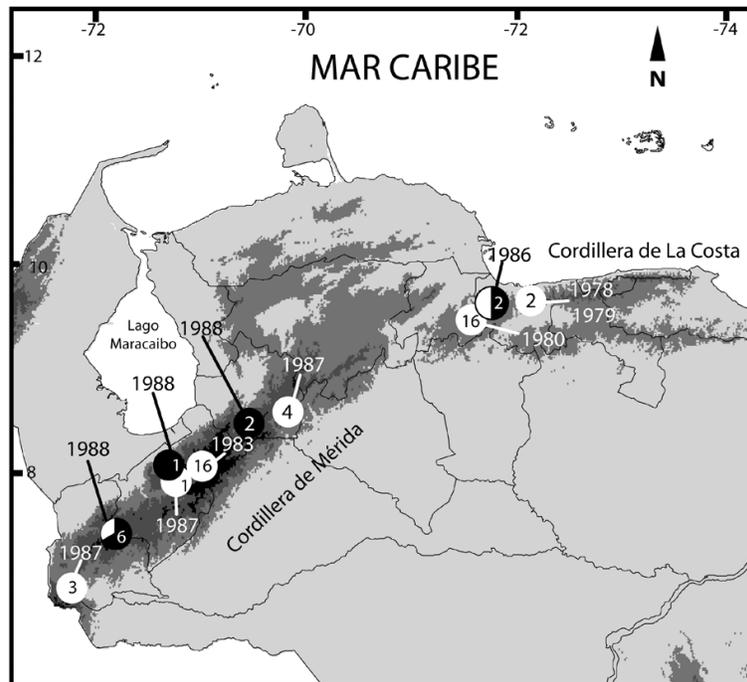


Figura 3. Distribución espacio-temporal de ejemplares de *Atelopus* de la cordillera de la Costa y la cordillera de Mérida con diagnósticos de *Batrachochytrium dendrobatidis*. Sólo se incluyeron aquellos ejemplares recolectados entre 1977 y 1986 en la cordillera de la Costa, y entre 1980 y 1988 en la cordillera de Mérida. El área negra de los círculos representa la proporción de diagnósticos positivos, y la cifra dentro del círculo el número de muestras revisadas. Los años corresponden a la fecha de recolección de los ejemplares.

venientes de Monte Zerpa, una localidad ubicada en el centro de la distribución geográfica que ya mostraba *Bd* en 1988 (Figura 3). Ninguno de los ejemplares mostró evidencias del patógeno (Lampo *et al.*, 2006). Asimismo, en 1987 se depositaron diez ejemplares provenientes de tres localidades, ninguno de los cuales mostró evidencias de *Bd* (Figura 3). Esto sugiere que, en la cordillera de Mérida, las epidemias probablemente ocurrieron de manera sincronizada, en un lapso menor a un año, un patrón que no es consistente con el escenario de propagación propuesto. Aun cuando la causa de esta sincronización es desconocida, existen al menos dos escenarios que explican el patrón de distribución espacio-temporal observado: 1) *Bd* pudo haber estado presente en el área con una baja prevalencia hasta que algún factor climático aumentó las tasas de transmisión, la virulencia o la susceptibilidad (Lampo *et al.*, 2006), o 2) *Bd* llegó simultáneamente a varias localidades gracias a múltiples introducciones mediadas por alguna actividad humana. Aún cuando el primer escenario es consistente con la hipótesis del patógeno endémico, el evento climático que sincronizó estas epidemias no ha sido identificado. El segundo escenario, aunque difiere del propuesto anteriormente por Lips *et al.* (2008), no contradice la hipótesis que atribuye a la reciente introducción de un patógeno novel las epidemias observadas (hipótesis del patógeno novel).

## Conclusiones y Perspectivas

La reconstrucción de eventos históricos a partir de muestras de museo es un reto. Frecuentemente, el número de muestras disponibles en los museos es reducido, o las muestras no tienen la cobertura temporal o espacial requerida. Por otra parte, las técnicas histopatológicas disponibles para detectar *Batrachochytrium dendrobatidis* en muestras preservadas en formol tienden a producir diagnósticos falso-negativos en fases tempranas de infección. Aún cuando la evidencia disponible hasta ahora sugiere un escenario de múltiples introducciones en las cordilleras de la Costa y de Mérida durante la década de los 80, el número de ejemplares recolectados durante este período que han sido diagnosticados para *Bd* es muy reducido para concluir inequívocamente. De los 106 ejemplares de *Atelopus* de la cordillera de Mérida que reposan en cuatro colecciones herpetológicas (Laboratorio de Biogeo-

grafía de la Universidad de Los Andes, Colección de Vertebrados de la Universidad de Los Andes, Museo de Historia Natural La Salle y Museo de Biología de la Universidad Central de Venezuela) sólo 59 fueron recolectados en los años 80 o 90, y ya todos fueron diagnosticados (Lampo *et al.*, 2006). Para poder delinear un escenario más claro de propagación a través de la cordillera de Mérida es necesario ampliar la búsqueda de evidencias de *Bd* en ejemplares de museo de otras especies que, si bien no desaparecieron como resultado de su exposición a este patógeno, pudieron haber contraído infección y haberla mantenido en el tiempo. Actualmente, *Bd* está presente en 17 especies de anfibios de la cordillera de Mérida. Entre ellas, *Dendropsophus meridensis*, *Gastrotheca nicefori*, *Hyloscirtus platyductylus* e *Hyloscirtus jahni* han presentado infecciones moderadas o altas (Sánchez *et al.*, 2008). Estas especies, por lo tanto, podrían aportar nuevas evidencias de la presencia de *Bd* en la cordillera de Mérida. De la cordillera de la Costa, por otra parte, Bonaccorso *et al.* (2003) examinaron 59 ejemplares de *A. cruciger* recolectados en 12 colecciones herpetológicas, pero sólo 25 de ellos fueron depositados después de 1977. En estas colecciones existen al menos otros 70 ejemplares recolectados en este período que no han sido diagnosticados (Bonaccorso *et al.*, 2003). Además, *Bd* ha sido detectado también en *Mannophryne herminae*, una especie que comparte hábitat con *A. cruciger*, que es probable que contrajera infección durante los brotes epidémicos en la cordillera de la Costa. La inspección de nuevos ejemplares de *A. cruciger* y de otras especies de anfibios recolectadas hacia finales de los años 80 podría revelar nuevos registros de infecciones que ayuden a esclarecer cuándo se introdujo y cómo se propagó *Bd* en Venezuela.

## REFERENCIAS

Alford RA, Bradfield KS, Richards SJ (2007) Global warming and amphibian losses. *Nature* 447: E3-E4.

Bonaccorso E, Guayasamin JM, Méndez D, Speare R (2003) Chytridiomycosis as a possible cause of population declines in *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae). *Herp. Rev.* 34: 331-334.

IUCN (2008) *Global Amphibian Assessment*. Conservation International/NatureServe [www.iucnredlist.org/initiatives/amphibians](http://www.iucnredlist.org/initiatives/amphibians) (Cons. 10/09/2011).

James TY, Litvintseva AP, Vilgalys R, Morgan JAT, Taylor JW, Fisher MC, Berger

L, Weldon C, Du Preez LH, Longcore JE (2009) Rapid global expansion of the fungal disease chytridiomycosis into declining and healthy amphibian populations. *PLOS Pathogens* 5: e10000458

Kruger KM, Hero JM (2006) Survivorship in wild frogs infected with chytridiomycosis. *EcoHealth* 3: 171-177.

Kruger KM, Pereoglou F, Hero JM (2007) Latitudinal variation in the prevalence and intensity of chytrid (*Batrachochytrium dendrobatidis*) infection in eastern Australia. *Cons. Biol.* 21: 1280-1290.

La Marca E, Lips KR, Lötters S, Puschendorf R, Ibañez R, Ron S, Rueda-Almonacid JV, Schulte R, Marty C, Castro F, Manzanilla-Pupo J, García-Pérez JE, Bustamante MR, Coloma LA, Merino-Viteri A, Toral E, Bolaños F, Chaves G, Pounds A, Young BA (2005) Catastrophic population declines and extinctions in neotropical harlequin frogs (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica* 37: 190-201.

Lampo M, Rodríguez A, La Marca E, Daszak P (2006) A chytridiomycosis outbreak and a severe dry season precede the disappearance of *Atelopus* species from the Venezuelan Andes. *Herpet. J.* 16: 395-402.

Lampo M, Sánchez DA, Nava-González F, García CZ, Acevedo A (2009) Lips *et al.* 2008 Reply: wavelike epidemics in Venezuela? [www.plosbiology.org/article/comments/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pbio.0060072](http://www.plosbiology.org/article/comments/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pbio.0060072)

Lampo M, Señaris JC, Rodríguez-Contreras A, Rojas-Runjaic F, García CZ (2011) High turnover rates in remnant populations of the harlequin frog *Atelopus cruciger* (Bufonidae): low risk of extinction? *Biotropica*. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2011.00830.x

Laurance WF (2008) Global warming and amphibian extinctions in eastern Australia. *Austral Ecol.* 33: 1-9.

Laurance WF, McDonald KR, Speare R (1996) Epidemic disease and the catastrophic decline of Australian rain forest frogs. *Conserv. Biol.* 2: 406-423.

Lips KR, Brem F, Brenes R, Reeve JD, Alford RA, Voyles J, Carey C, Livo L, Pessier AP, Collins JP (2006) Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103: 3165-3170.

Lips KR, Diffendorfen J, Mendelson III JR, Sears MW (2008) Riding the wave: Reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *PLOS Biol.* 6: 441-454.

Morehouse EA, James TY, Ganley ARD, Vilgalys R, Berger L, Murphy J, Longcore JE (2003) Multilocus sequence typing suggests the chytrid pathogen of amphibians is a recently emerged clone. *Mol. Ecol.* 12: 395-403.

Morgan JAT, Vredenburg VT, Rachowicz LJ, Knapp RA, Stice MJ, Tunstall T, Bingham RE, Parker JM, Longcore JE, Moritz C, Briggs CJ, Taylor JW (2007) Population genetics of the frog-killing fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*.

- Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104: 13845-13850.
- Phillips BL, Brown GP, Web JK, Shine R (2006) Invasion and the evolution of speed in toads. *Nature* 439: 803.
- Pounds JA, Bustamante MR, Coloma LA, Consuegra AJ, Fogden MPL, Foster PN, La Marca E, Masters KL, Merino-Viteri A, Puschendorf R, Ron SR, Sánchez-Azofeifa GA, Still CJ, Young BE (2006) Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 161-167.
- Pounds JA, Fogden MPL, Savage AE, Gorman GC (2011) Tests of null models for amphibian declines on a tropical mountain. *Cons. Biol.* 11: 1307-1322.
- Puschendorf R, Bolaños F (2006) Detection of *Batrachochytrium dendrobatidis* in *Eleutherodactylus fitzingeri*: effects of skin sample location and histologic stain. *J. Wildl. Dis.* 42: 301-306.
- Rodríguez JP, Rojas-Suárez F (2008) *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. 3ª ed. Pro-vita/Shell Venezuela. Caracas, Venezuela. 320 pp.
- Rodríguez-Contreras A, Señaris JC, Lampo M, Rivero R (2008) Rediscovery of *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae) with notes on its current status in the Cordillera de la Costa, Venezuela. *Oryx* 42: 301-304.
- Rohr JR, Raffel TR, Romansic JM, McCallum H, Hudson PJ (2008) Evaluating the links between climate, disease spread, and amphibian declines. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105: 17436-17441.
- Ron SR, Merino-Viteri A (2000) Amphibians declines in Ecuador: overview and first report of chytridiomycosis from South America. *Froglog* 42: 1-2.
- Sánchez D, Chacón-Ortiz A, León F, Han BA, Lampo M (2008) Widespread occurrence of an emerging pathogen in amphibian communities of the Venezuelan Andes. *Biol. Cons.* 141: 2898-2905.
- Skerratt LF, Berger L, Speare R, Cashins S, McDonald KR, Phillott AA, Hines HB, Kenyon N (2007) Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs. *EcoHealth* 4: 125-134.
- Weldon C, Du Preez LH, Hyatt AD, Muller R, Speare R (2004) Origin of the amphibian chytrid fungus. *Emerg. Infect. Dis.* 10: 2100-2105.
- Woodhams DC, Alford RA (2005) Ecology of chytridiomycosis in rainforests stream frog assemblages of tropical Queensland. *Cons. Biol.* 19: 1449-1459.

## THE DISAPPEARANCE OF HARLEQUIN FROGS (*Atelopus*) IN VENEZUELA: INTRODUCTION AND PROPAGATION OF THE CHYTRID FUNGUS *Batrachochytrium dendrobatidis*

Margarita Lampo, Dinora A. Sánchez, Francisco Nava-González, Carmen Zulay García and Aldemar Acevedo

### SUMMARY

The disappearance of harlequin frogs (*Atelopus*) in Venezuela has been associated with the presence of the fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), the causal agent of the amphibian cutaneous chytridiomycosis. It has been proposed that Bd was introduced in 1977 into cordillera de la Costa, from where it spread to cordillera de Mérida. Some Bd records from muse-

um specimens, however, contradict this scenario. Based on the spatio-temporal distribution of collection dates of the *Atelopus* specimens available in various herpetological collections and the Bd evidence in some of these specimens, an alternative scenario is proposed for the introduction and spread of this pathogen in Venezuela.

## O DESAPARECIMENTO DOS SAPINHOS ARLEQUINES (*Atelopus*) NA VENEZUELA: INTRODUÇÃO E PROPAGAÇÃO DO FUNGO QUÍTRIDO *Batrachochytrium dendrobatidis*

Margarita Lampo, Dinora A. Sánchez, Francisco Nava-González, Carmen Zulay García e Aldemar Acevedo.

### RESUMO

O desaparecimento de várias espécies de sapinhos arlequines (*Atelopus*) na Venezuela tem sido vinculado à presença do fungo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), o agente etiológico da quitridiomycose cutânea em anfíbios. Tem sido sugerido que este patógeno foi introduzido em 1977 à cordilheira da Costa, de onde se propagou para a cordilheira de Mérida. No entanto,

alguns registros de Bd em exemplares de museu contradizem este cenário. Baseado na distribuição espaço-temporal das datas de coleção de exemplares das espécies de *Atelopus* disponíveis em várias coleções herpetológicas e de registros de Bd nestes exemplares é proposto um cenário alternativo de introdução e propagação deste patógeno na Venezuela.