

Creando un clima para el cambio: La biodiversidad, servicios para la humanidad

III Congreso Colombiano de Zoología
III Congreso de Ornitología Colombiana
V Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres

Noviembre 21 al 26 de 2010
Medellín, Colombia



MEMORIAS DEL CONGRESO



El Congreso Colombiano de Zoología
es una iniciativa de la
Asociación Colombiana de Zoología
www.aczcolombia.org



Congreso Colombiano de
ZOOLOGÍA
Medellín, 21 a 26 de Noviembre de 2010

Creando un clima para el cambio: La biodiversidad, servicios para la humanidad

MEMORIAS DEL CONGRESO

Creando un clima para el cambio: La biodiversidad, servicios para la humanidad. III Congreso Colombiano de Zoología, Libro de Memorias.2011

©Asociación Colombiana de Zoología, 2011
Bogotá D.C – Colombia
www.aczcolombia.org

ISBN – 978-958-57015-1-9

Cítese como:

Asociación Colombiana de Zoología. 2011. Creando un clima para el cambio: La biodiversidad, servicios para la humanidad. III Congreso Colombiano de Zoología, Libro de memorias. Asociación Colombiana de Zoología. Medellín-Antioquia. 57 pgs. Revisado: día/mes/año. Disponible en Internet: www.aczcolombia.org. ISBN – 978-958-57015-1-9

COORDINADOR GENERAL

Jose Vicente Rodríguez Mahecha

EDITORES

Esteban Botero Delgadillo
Maria Isabel Moreno Ballesteros

DISEÑO Y DIAGRAMACION

Maria Isabel Moreno Ballesteros

Urbina-Cardona, J.N., Burrowes, P.A., Osorno, M., Crawford, A.J., Velasco, J.A., Flechas, S.V., Vargas-Salinas, F., Luna-Mora, V.F., Navas, C.A., Guayara-Barragán, M., Bolívar-G., W., **Gutiérrez-Cárdenas, P.D.A.** & Castro-Herrera, F. **2011.** Prioridades en la conservación de anfibios ante su crisis global: hacia la construcción del plan de acción para la conservación de los anfibios de Colombia. Pp. 10-19. En: libro de memorias **III Congreso Colombiano de Zoología, “creando un clima para el cambio: la biodiversidad, servicios para la humanidad”** (Botero-Delgado, E. & Moreno-Ballesteros, M.I., eds.). Asociación Colombiana de Zoología. Bogotá, Colombia. ISBN 9789585701519

Z6 PRIORIDADES EN LA CONSERVACIÓN DE ANFIBIOS ANTE SU CRISIS GLOBAL: HACIA LA CONSTRUCCION DEL PLAN DE ACCION PARA LA CONSERVACION DE LOS ANFIBIOS DE COLOMBIA

J. Nicolás Urbina-Cardona¹, Patricia A. Burrowes², Mariela Osorno³, Andrew J. Crawford⁴, Julián A. Velasco⁵, Sandra V. Flechas⁴, Fernando Vargas-Salinas⁴, Víctor F. Luna-Mora⁶, Carlos A. Navas⁷, Manuel Guayara-Barragán⁸, Wilmar Bolívar-G⁸, Paul David A. Gutiérrez-Cárdenas⁹ y Fernando Castro-Herrera⁸.

¹ Departamento de Ecología y Territorio - Facultad de Estudios Ambientales y Rurales - Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá - Colombia

² Department of Biology - University of Puerto Rico, San Juan - Puerto Rico

³ Instituto Sinchi

⁴ Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de los Andes, Bogotá Colombia

⁵ WCS Colombia

⁶ Fundación Herencia Natural

⁷ Departamento de Fisiología - Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo, Brasil

⁸ Departamento de Biología - Facultad de Ciencias Naturales y Exactas - Universidad del Valle, Cali - Colombia

⁹ Departamento de Ciencias Biológicas - Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia

RESUMEN

Dado que en la actualidad existe un proceso incipiente en la generación de información sobre la ecología, historia natural y amenazas que afectan la mayor parte de los anfibios neotropicales, se realizó en Medellín el “Primer Simposio de prioridades en la conservación de anfibios ante su crisis global” en el marco del III Congreso Colombiano de Zoología, durante los días 25 y 26 de noviembre de 2010. El objetivo general de este simposio, al cual asistieron alrededor de 200 personas, y se socializaron 30 trabajos en la modalidad de presentación oral y 24 en video cartel con investigadores provenientes de 32 instituciones en 9 países, fue generar un espacio que permitiera establecer estrategias regionales y nacionales comunes para incentivar la investigación y divulgar las problemáticas que afectan las poblaciones de anfibios. Solo de esta forma se podrían tomar decisiones con fundamento científico acerca de las especies y hábitats que son prioritarios para el desarrollo de programas de conservación en Colombia.

Dentro de este marco general, los objetivos específicos fueron: Conocer e incentivar trabajos de investigación que pueden aportar herramientas para la conservación y el manejo de los anfibios en Colombia; identificar las principales prioridades para la conservación de los anfibios ante su crisis global; interactuar con colegas para establecer futuras colaboraciones e investigaciones científicas. El simposio fue dividido en presentaciones que abordaron diferentes preguntas de investigación relacionadas con diversas temáticas y factores que afectan a los anfibios. Los aspectos discutidos durante este incluyeron: conservación biológica; quitridiomycosis; fragmentación del hábitat; ecofisiología y su relación con el cambio climático; la contaminación; la ecología de poblaciones; el ruido antropogénico y otros efectos ecológicos de las carreteras; los efectos de las especies invasoras. Una vez finalizadas todas las exposiciones, se realizó una mesa redonda moderada por los coordinadores del simposio, y en la cual participaron 70 investigadores. En la mesa se discutieron las necesidades y retos para la investigación sobre la conservación biológica de los anfibios, se identificaron diversos desafíos y problemas para su conservación y se propusieron herramientas para ello, concluyendo finalmente con un análisis de los futuros retos para los herpetólogos del país. Los resultados del simposio y la identificación de los desafíos y retos para la conservación de los anfibios en Colombia se documentan en el Anexo 1 de las presentes memorias.

INTRODUCCIÓN

Los anfibios juegan un papel muy importante en los ecosistemas que habitan dado que controlan insectos, sirven de alimento para otros animales, incrementan la dinámica de sedimentos en los cuerpos de agua (*sensu* bioturbación) y generan un vínculo de materia y energía entre ambientes acuáticos y terrestres (Whiles et al. 2006). De acuerdo con Hoffmann y colaboradores (2010) el 30% de las especies de anfibios se encuentran en alguna categoría de amenaza (En peligro crítico [CR], En peligro [EN] y Vulnerable [VU]) y el 25% carecen de información de tamaños poblacionales, extensión de la distribución y amenazas para ser categorizadas (Datos deficientes [DD]). Actualmente la existencia de los anfibios se encuentra amenazada por factores directos (e.g. enfermedades emergentes, plaguicidas, tráfico ilegal, pérdida de hábitat), indirectos (e.g. cambio climático, especies invasoras, efectos de borde, degradación del hábitat) y efectos sinérgicos que reducen la viabilidad de las poblaciones e incrementan su vulnerabilidad a la extinción. Como respuesta a los factores de amenaza, los anfibios experimentan cambios en las tasas de crecimiento de los individuos, en la capacidad reproductiva, fluctuación en la duración de los periodos reproductivos, cambios en el rango de hogar, en los patrones de actividad y en el uso del microhábitat (Crump 2003).

A pesar de que la principal causa de disminución histórica de poblaciones y especies amenazadas a nivel mundial es la pérdida y fragmentación de hábitat, recientemente enfermedades emergentes como la quitridiomycosis en posible sinergia con el cambio climático y la expansión del rango geográfico de especies invasoras, han complicado mucho más el panorama de conservación de los anfibios (Gardner et al. 2007, Urbina-Cardona 2008). Estudios multi-disciplinarios en regiones afectadas por quitridiomycosis han empezado a revelar patrones que sugieren los mecanismos de acción y de dispersión de este patógeno y, que nos ayudan a tomar decisiones acerca de las especies y regiones más vulnerables (Velásquez et al. 2008, Voyles et al. 2009, Walker et al. 2010, Vredenburg et al. 2010).

Dado que en la actualidad existe un proceso incipiente en la generación de información sobre la ecología, historia natural y amenazas que afectan la mayor parte de los anfibios neotropicales, se realizó en Medellín el “Primer Simposio de prioridades en la conservación de anfibios ante su crisis global” en el marco del III Congreso Colombiano de Zoología, durante los días 25 y 26 de noviembre de 2010. El objetivo general de este simposio, al cual asistieron alrededor de 200 personas, y se socializaron 30 trabajos en la modalidad de presentación oral y 24 en video cartel con investigadores provenientes de 32 instituciones en 9 países, fue generar un espacio que permitiera establecer estrategias regionales y nacionales comunes para incentivar la investigación y divulgar las problemáticas que afectan las poblaciones de anfibios. Solo de esta forma se podrían tomar decisiones con fundamento científico acerca de las especies y hábitats que son prioritarios para el desarrollo de programas de conservación en Colombia. Dentro de este marco general, los objetivos específicos fueron:

- Conocer e incentivar trabajos de investigación que pueden aportar herramientas para la conservación y el manejo de los anfibios en Colombia.
- Identificar las principales prioridades para la conservación de los anfibios ante su crisis global.
- Interactuar con colegas para establecer futuras colaboraciones e investigaciones científicas.

ESTRUCTURA DEL SIMPOSIO

El simposio fue dividido en presentaciones que abordaron diferentes preguntas de investigación relacionadas con diversas temáticas y factores que afectan a los anfibios. A continuación se presenta un resumen del estado del conocimiento en las temáticas identificadas, con base en los principales aportes de los trabajos de investigación presentados en el simposio Z6 “Prioridades en la conservación de anfibios ante su crisis global” (Asociación Colombiana de Zoología 2010) y se mencionan algunas líneas de investigación que no fueron abarcadas en el simposio pero que de igual manera son relevantes en la conservación de anfibios.

Conservación biológica

Colombia alberga más de 754 especies de anfibios de las cuales alrededor de 359 (47.6%) son endémicas, 25 (3.3%) están listadas en CITES por presiones de tráfico ilegal, y 227 (30.1%) se encuentran en alguna categoría de amenaza a nivel global (IUCN 2010) y 49 (6.5%) a nivel nacional (Rueda-Almonacid et al. 2004). Dos estudios biogeográficos mostraron tendencias de la diversidad de anfibios en Colombia y el departamento de Antioquia (Asociación Colombiana de Zoología 2010). A escala nacional los anfibios exhiben mayor diversidad alfa en las regiones de la Amazonia y del Chocó. Un mayor número de especies con rangos geográficos y altitudinales restringidos hacia los Andes y el Chocó Biogeográfico presentando mayor diversidad beta y gamma (Figura 1). En el departamento de Antioquia, la mayor riqueza se presenta hacia el occidente, en el Chocó biogeográfico, y los cambios en riqueza a lo largo de todo el gradiente altitudinal se correlacionan principalmente con la temperatura, más que con la precipitación. Los patrones en los gradientes de la diversidad anfibia Andina se resumen en una reducción en la diversidad relacionada con mayor latitud y una reducción relacionada con la altitud (Lynch 1986, Navas 2003).

La gran mayoría de especies amenazadas en Colombia se distribuyen en la región Andina, y probablemente por la contribución de un sinnúmero de factores intrínsecos y extrínsecos, que actúan de manera sinérgica (Cooper et al. 2008; Sodhi et al. 2008; Laurence y Useche 2009), esta debe ser la región de mayor prioridad a la hora de generar una iniciativa para la conservación de especies de anfibios en el país (Figura 2). Sin embargo, en lugares megadiversos como Colombia, es imposible proteger todas las áreas que deberían ser designadas para la conservación y manejo de los anfibios debido a conflictos de uso del suelo para desarrollo agropecuario, el crecimiento poblacional acelerado y la problemática social, cultural, económica y política asociadas (Lips y Donnelly 2005, Sarkar et al. 2006). Por ello las redes de áreas de conservación priorizadas deben ser realmente complementarias al sistema de parques naturales (del orden local, regional y nacional), apoyarse en la representatividad ecosistémica y de especies con las reservas de la sociedad civil (*sensu* Ochoa-Ochoa et al. 2009) y se debe hacer un primer análisis de priorización a nivel nacional para identificar sitios que realicen un aporte significativo a la representatividad de la herpetofauna con base en la complementariedad (la contribución cuantitativa de un sitio para representar los elementos de la biodiversidad que aún no han sido representadas en los sitios seleccionados) y la rareza de especies (*sensu* Urbina-Cardona y Flores-Villela 2010).

Durante el simposio se identificaron algunos retos en la investigación para proponer acciones adecuadas para el manejo y conservación de los anfibios en Colombia. Hay que entender mejor los rasgos de historia de vida de las especies, los cuales permiten entender mejor su respuesta ante las perturbaciones antropogénicas, su efecto en la composición, riqueza y estructura de los ensamblajes y, con un enfoque de diversidad funcional, entender mejor el papel de los anfibios en las propiedades y funciones del ecosistema. Es necesario conocer los umbrales de intervención antropogénica para enfocar adecuadamente la gestión en áreas que aun tengan la esperanza de ser recuperadas. Igualmente, es indispensable incrementar los estudios y procesos de investigación con una estrategia *in situ*, sistemáticamente orientada, al monitoreo de cambios en la herpetofauna en las áreas naturales protegidas del país, para identificar su verdadero papel en la conservación, y adicionalmente en áreas con altas tasas de intervención e identificadas como prioritarias por coincidir con el núcleo de distribución de anfibios amenazados fuera de las áreas protegidas (*sensu* Urbina-Cardona y Loyola 2008).

Colombia es uno de los países que mayor diversidad anfibia alberga pero a su vez es uno de los países que menor cantidad de publicaciones tiene, a nivel global, sobre este grupo (Urbina-Cardona 2008). Es necesario que las investigaciones científicas realizadas sobre los anfibios colombianos, deriven en publicaciones (artículos en revistas científicas indexadas, notas científicas, capítulos de libro o libros) nacionales e internacionales de alto

impacto para mejorar el estado de conocimiento de este grupo. Solo así se puede divulgar ante la comunidad científica los patrones observados a nivel regional y nacional, y aportar datos sólidos y robustos para el manejo y conservación de los anfibios. Para tal efecto, es necesario generar una comunicación constante entre los investigadores que agilicen el trabajo conjunto y la estandarización de metodologías que concluyan con propuestas metodológicas de impacto nacional y fortalezcan una eventual propuesta de plan de acción para la conservación de los anfibios en Colombia.

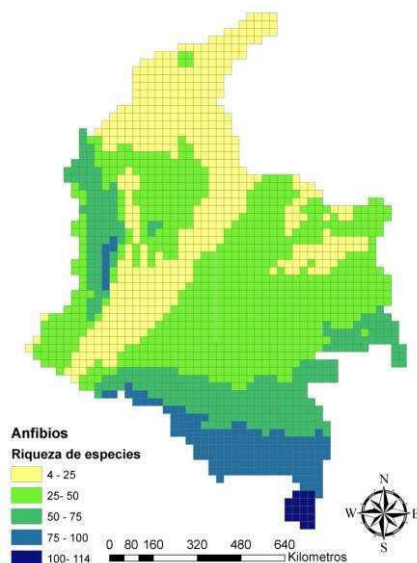


Figura 1. Riqueza de especies de anfibios en Colombia.

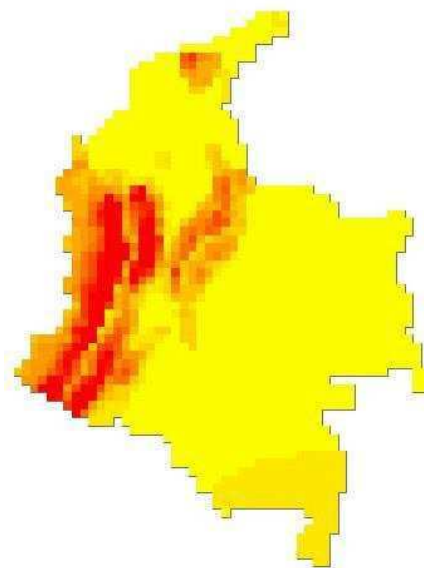


Figura 2. Distribución de especies amenazadas en Colombia. La cantidad de especies amenazadas están representadas en un gradiente del amarillo al rojo, donde este representa el mayor número de especies.

Dentro de las investigaciones para la conservación de anfibios amenazados en Colombia, se presentaron algunas iniciativas de Planes de Acción Locales y Departamentales para los Anfibios Amenazados. A partir del taller regional de Conservación de los anfibios en el Valle del Cauca, se reportan más de 65 especies bajo condiciones críticas de amenaza (Castro-Herrera y Bolívar-García 2010), y se generó la publicación del Plan de Acción para la Conservación de los anfibios del Departamento del Valle del Cauca (Corredor, et al 2010). Este Plan de Acción departamental, reporta la importancia de abordar los aspectos éticos en la investigación de anfibios, para recordar que el problema de los anfibios no solo deriva del medio ambiente exógeno al hombre sino de la postura ética del investigador frente a técnicas de colecta, marcaje y sacrificio de los individuos en campo. Así mismo los Planes de Acción presentados durante el simposio identifican como acciones prioritarias: la investigación, para generar datos científicos útiles que permitan tomar acciones de conservación; y la educación y participación de las comunidades para asegurar que las acciones se implementen y se lleven a cabo en el tiempo. Esto es importante pues es necesario generar vías de comunicación efectivas que permitan que la comunidad se apropie de la información científica generada por los investigadores para que sea realmente usada en el sitio donde es más necesario. En este sentido la información por sí sola no produce cambios, sino que debe existir retroalimentación por parte de los investigadores, comunidades locales y los tomadores de decisiones.

De igual forma la capacitación y empoderamiento de las comunidades locales en temas de conservación de anfibios es crucial para mantener esquemas de seguimiento y evaluación poblacional de especies amenazadas en el largo plazo. La educación es un factor clave en la conservación por lo cual es indispensable incluir en los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE's), módulos que traten el tema de la investigación y conservación biológica, los bienes y servicios que nos presta la biodiversidad y las implicaciones de las extinciones que estamos viviendo en la integridad y salud del ecosistema y sus repercusiones en el bienestar humano. Además, la implementación de pequeños proyectos de investigación en los colegios permitirá afianzar estos conocimientos y formar a futuros jóvenes conservacionistas. Adicionalmente, se reconoce la necesidad de concienciar a la comunidad sobre la importancia del rol de las reservas de la sociedad civil en la conservación, siendo estas de gran importancia para mitigar los efectos antropogénicos en áreas dejadas sin protección oficial pero altamente biodiversas (*sensu* Ochoa-Ochoa et al. 2009).

Quitridiomycosis

La quitridiomycosis es una enfermedad cutánea en los anfibios, causada por la infección del hongo quitrido, *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*, de ahora en adelante) el cual afecta las partes queratinizadas de la piel de los anfibios ocasionando cambios fisiológicos, específicamente un desbalance iónico (Na^{2+} y K^+) que, en algunas especies, puede ocasionar la muerte (Voyles et al. 2009, Rosenblum et al. 2010). Extinciones, extirpaciones locales y disminuciones poblacionales de anfibios en todos los continentes se han asociado a esta enfermedad; en Centro América la pérdida de biodiversidad en bosques húmedos de montaña ha sido catastrófica (Crawford et al. 2010). Se ha sugerido que este patógeno tuvo sus orígenes en África a principios del siglo pasado y que de allí se introdujo a todo el mundo a través del uso bio-medicinal de especies de anfibios africanos que sirvieron como vectores a especies nativas (Weldon et al. 2004, Fisher et al. 2009, Kielgast et al. 2010). Sin embargo, no se puede eliminar aún otros posibles sitios de origen, como Asia (Goka et al. 2009) o Norte América, los cuales albergan la diversidad genética más alta en el mundo para *Bd* (James et al. 2009). En el nuevo mundo, los primeros registros de *Bd*, basados en análisis histológicos de especímenes en museos, fueron de Norte América en 1961, seguido por el Caribe insular en 1976, Sur América entre 1977-1980 y Centro América en 1987 (Burrows et al. 2008; Padgett-Flor and Hopkins 2010). Existe evidencia de que *Bd* se puede dispersar en forma direccional a través de regiones extensas y que en Sur América ha habido múltiples introducciones (Lips et al. 2006). Esto puede conllevar a mayor diversidad genética de *Bd* entre zonas geográficas y complicar la interacción con sus hospederos en cuanto a patogenicidad, mecanismos de defensa y posibles sinergias con factores climáticos y ecológicos. Se han reportado algunas interacciones sinérgicas entre el cambio climático y la infección de anfibios andinos por *Bd* (Seimon et al. 2007) y la diseminación mundial de *Bd* por la amplia distribución comercial de la especie invasora *Lithobates catesbeianus*, conocida comúnmente como Rana toro (Mazzoni et al. 2003, Schloegel et al. 2009, 2010).

Las especies con más potencial para ser afectadas por este hongo patógeno son aquellas que se reproducen y se encuentran asociadas a cuerpos de agua, como quebradas y humedales. La incidencia de infección por *Bd* varía entre los anfibios según su filogenia, rango geográfico, hábitat, modo de reproducción y comportamiento, sugiriendo que factores ambientales y genéticos influyen tanto en la virulencia del patógeno como en la susceptibilidad de los hospederos (Bielby et al. 2008), aunque dentro de una sola localidad el patrón no es tan claro (Crawford et al. 2010).

Batrachochytrium dendrobatidis puede generar laceraciones y cambios de coloración en la piel de los anfibios afectados. Los animales infectados se muestran inapetentes y en estado letárgico incrementando su vulnerabilidad a la depredación e imposibilitados para cumplir sus funciones básicas. Este hongo ha generado el declive de anfibios en áreas naturales protegidas de Puerto Rico causando, de manera silenciosa, la mortalidad de cientos de individuos en sinergia con sequías prolongadas, características de la variabilidad y cambio climático en el Caribe (Longo et al. 2009). Se demostró también que *Bd* tiene efectos mayores en estadios juveniles y en elevaciones medias, donde es probable que el hongo presente su óptimo ecofisiológico (Longo y Burrows 2010). El hecho de que los niveles de infección de *Bd* en las ranas puedan aumentar significativamente durante la época seca y que, en un estudio de marca y recaptura, los adultos infectados tuvieran menor posibilidad de sobrevivencia que los no-infectados, sugiere que incluso las especies que persisten con *Bd*, están en riesgo de sucumbir a quitridiomycosis si se encuentran bajo estrés ocasionado por sinergias con diversos factores (e.g. especies invasoras, pérdida y degradación de hábitat, sobreexplotación y cambio climático, entre otros).

La estacionalidad tiene una marcada influencia sobre la patogenicidad del hongo dado que hay más concentración de zoosporas durante la época seca, y debido a que algunos anfibios se refugian en los pocos microhábitats húmedos disponibles, hay una mayor posibilidad de quedar contaminados. Por tal motivo, durante un año que se caracterice por presentar épocas secas prolongadas ("año niño"), las poblaciones de anfibios pueden colapsar, recuperando momentáneamente el número de individuos cuando vuelven las épocas de lluvias. Esta aparente capacidad de resiliencia de algunas poblaciones de anfibios puede reducirse dramáticamente en el caso en que la sinergia entre factores de declive (e.g. especies invasoras, pérdida de hábitat, *Bd*, sobreexplotación, cambio climático, entre otros) se asocian a eventos estocásticos. Así mismo, la historia natural de las especies debe ser tenida en cuenta en los estudios de *Bd*, dado que cuando un adulto está infectado y la especie presenta cuidado parental, las probabilidades de infectar las crías se incrementan al eclosionar los huevos. Uno de los más grandes desafíos para la investigación en campo del *Bd* es que los individuos infectados permanecen escondidos, no cantan y, en tierras bajas, los cadáveres se descomponen muy rápido dejando sin evidencia el evento.

En Colombia, estudios histológicos utilizando muestras de museo en el departamento del Valle del Cauca indicaron que el patógeno *B. dendrobatidis* está presente en Colombia desde el año 1994 (Velásquez et al. 2008). Otro estudio, reporta la presencia del hongo patógeno en los departamentos de Cundinamarca y Santander desde el 2004 (Ruiz y Rueda-Almonacid 2008). Hasta la fecha estos son los dos únicos reportes publicados en revistas científicas para Colombia, por lo que se vuelve muy importante el desarrollo y publicación de estudios que permitan determinar qué tan distribuido se encuentra el patógeno y cuáles especies y zonas parecen ser más vulnerables. En un trabajo de maestría, Quintero-Marín (2008) reporta la presencia del *Bd* en individuos anfibios de 7 localidades en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Meta. En tierras bajas de Colombia, se encontraron ranas que persisten con infecciones de *B. dendrobatidis* en condiciones aparentemente estables (Asociación Colombia de Zoología 2010). Es posible que algunas especies tengan bacterias en la piel que inhiban el crecimiento del hongo quitridio. Además, es posible que existan péptidos antifúngicos que también otorguen cierta resistencia a los anfibios. Por otro lado, la temperatura puede ser una limitante para el hongo, en tierras bajas, y es probable que ésta variable ambiental juegue un papel importante en el control del patógeno. Estudios de laboratorio reportan un óptimo de temperatura para *Bd* entre 4°C y 23°C lo que de alguna manera implica que anfibios de tierras bajas que experimentan temperaturas por encima de este rango, puedan tener una protección adicional (Flechas et al. 2010). El género *Atelopus* es uno de los más afectados por la quitridiomycosis asociada a años atípicos climáticamente.

Estudios realizados en la Sierra Nevada de Santa Marta, han reportado la presencia de dos especies microendémicas (*A. laetissimus* y *A. nahumae*), las cuales presentan el 85% de su población en una sola localidad, incrementando así su vulnerabilidad a la infección masiva, aspecto que puede ser exacerbado por la aglutinación de individuos en parches remanentes de vegetación natural causada por la pérdida y fragmentación del hábitat; y por la pérdida de nichos ecológicos adecuados debido principalmente al cambio climático. Recientemente, en el Parque Nacional Natural Gorgona se encontró que las cinco especies evaluadas fueron positivas para *Bd* con una prevalencia relativamente alta, ya que un 33% de los individuos examinados presentaron la infección. Para el caso de *Atelopus elegans*, y otra especie en localidades de tierras bajas del Chocó Biogeográfico (*A. spurelli* y *A. aff. limosus*) se encontraron bacterias con acción anti-*Bd* (Asociación Colombia de Zoología 2010). Las bacterias aisladas de *A. elegans*, de la cual se sabe está infectada desde hace por lo menos 3 años, fueron las que presentaron una mayor acción inhibitoria. Estos hallazgos invalidan la hipótesis de que el hongo no ha llegado a tierras bajas y pone a prueba la hipótesis de que la temperatura en estas áreas se encuentra fuera del óptimo ecofisiológico del hongo. A su vez, surge una pregunta de investigación: ¿varía el óptimo ecofisiológico del hongo a la misma altitud pero en distintas regiones geográficas Neotropicales?, y ¿cuál es la relación entre los gradientes ambientales y estructurados causados por la perturbación antropogénica, y la patogenicidad del hongo en distintas especies de anfibios?.

Fragmentación del hábitat

La principal causa del declive de poblaciones y especies amenazadas a nivel mundial es la pérdida y fragmentación de hábitat. A través de este proceso se transforman los paisajes naturales en una matriz seminatural compuesta por fragmentos de bosque remanente inmersos en una matriz con diferentes usos antropogénicos, e intensidades de perturbación, como la agricultura y la ganadería (Marsh y Pearman 1997). En los fragmentos de bosque remanente, la distribución de las especies a lo largo del gradiente matriz-borde-interior de bosque (*sensu* efecto de borde; Osorno 1999, Schlaepfer y Gavin 2001, Urbina-Cardona et al. 2006) juega un papel muy importante en la estructura y composición de las especies de anfibios. De esta manera, matrices estructuralmente similares a la cobertura vegetal original (e.g. interfaz cafetal con sombrío-borde de bosque) amortizan los efectos de borde en el fragmento de bosque (*sensu* efectos de matriz; Gascon et al. 1999, Santos-Barrera y Urbina-Cardona 2011), así como determinan la evolución de los mecanismos, funciones y procesos en el bosque remanente. La pérdida del hábitat sumado a la cercanía con carreteras o áreas urbanas, potencia la mortalidad de los individuos, y genera una barrera entre los cuerpos de agua y los bosques, impidiendo la colonización o la culminación del ciclo de vida de algunas especies de anfibios (*sensu* "habitat split"; Becker et al. 2007). Los ensamblajes de anfibios en paisajes seminaturales y sistemas productivos están perdiendo especies debido a que algunos hábitats antropogénicos son hostiles para muchas especies, siendo de gran importancia adelantar investigaciones para determinar su efecto (Cáceres-Andrade y Urbina-Cardona 2009). Con base en estos resultados, se vuelve de gran importancia adelantar investigaciones para determinar los efectos de estas áreas antropogénicas sobre las poblaciones y los ensamblajes de anfibios.

Se ha identificado que las especies más vulnerables a la pérdida y fragmentación del hábitat son las que se distribuyen preferencialmente en el interior de los bosques y son muy dependientes de la alta calidad del hábitat, evitando los bordes y la matriz antropogénica de potreros y cultivos (Urbina-Cardona et al. 2006). Por lo tanto, estas especies son las más vulnerables a la extinción por causa del efecto de borde, la degradación del bosque (e.g. entresaca selectiva de madera, incendios) y la fragmentación del hábitat. Identificar grupos de especies sensibles dentro de los ensamblajes para entender su dinámica espacio-temporal y su relación con variables ambientales y estructurales en el microhábitat, debe ser una prioridad en los estudios para la conservación de anfibios.

En el bosque húmedo tropical al sur del departamento de Córdoba se encontró que especies con modos reproductivos con huevos y larvas acuáticas fueron más tolerantes al disturbio, ya que habitan el borde, el interior del bosque e incluso los potreros (Asociación Colombia de Zoología 2010). Por el contrario, en el Bosque seco tropical de Córdoba, las especies generalistas dependen más de la presencia de cuerpos de agua lenticos (hylidos y dendrobátidos) que de la distancia al borde del bosque remanente (Asociación Colombia de Zoología 2010). En la Orinoquia (San Martín, Meta), los cuerpos de agua lénticos presentan una fuerte dinámica temporal en la cual no hay renacuajos durante la sequía, y en época de lluvias, las especies con modos reproductivos ligados a cuerpos de agua se desarrollan muy rápidamente hasta etapa adulta (Asociación Colombia de Zoología 2010). Las pozas ubicadas en áreas de potrero asociadas al borde del bosque presentaron la mayor riqueza de anfibios y de insectos, por lo que es importante mantener la continuidad estructural entre hábitats acuáticos y terrestres. Sin embargo, no hubo renacuajos en el interior de los bosques de galería remanentes debido a que la riqueza de especies está correlacionada con menor cobertura de dosel y sotobosque. Tal relación se debe a que el fitoplancton es más abundante en zonas donde hay una mayor incidencia de luz solar y ese es un recurso alimenticio importante para los renacuajos de muchas especies de anuros. Así mismo, es importante mantener la calidad del agua y no dispersar agroquímicos en los potreros durante las temporadas de transición lluvias a sequía y sequía a lluvias, épocas en las cuales la mayoría de especies de anfibios del ensamblaje se reproducen (Asociación Colombia de Zoología 2010).

En las selvas del Chocó se determinó que los ambientes en regeneración natural secundaria presentan el mayor número de especies, debido a que estos ecotonos presentan altísima heterogeneidad ambiental y estructural (Asociación Colombia de Zoología 2010). En tales ambientes se presentan sitios con características de bosques conservados y otros más afines a ambientes antropogénicos, que ofrecen una amplia variedad de recursos espaciales y alimenticios que pueden ser utilizados por los anfibios. En este sentido, una selva que ha sido deforestada puede ser recolonizada por especies de anfibios si la regeneración natural sigue su camino para, a futuro, recuperar en parte la composición y funcionalidad de los ensamblajes. Por su parte, en la selva húmeda tropical del borde noroccidental de la Amazonia se ha determinado que la intervención antropogénica de la planicie amazónica tiene efectos negativos sobre la composición y estructura de ensamblajes de anfibios a lo largo de un gradiente de fragmentación; incrementando la diversidad beta entre fragmentos y reduciendo al 50% la riqueza en los fragmentos de menor tamaño, dato relevante para hacer gestión en favor de la restauración y conservación del hábitat en la zona (Asociación Colombia de Zoología 2010).

En todos los estudios se pudo evidenciar que la riqueza de anfibios por tipo de hábitat no es una variable de respuesta adecuada para ver los cambios en ensamblajes de anfibios a lo largo de gradientes espacio-temporales. Esto se debe a que en paisajes transformados y fragmentados hay especies provenientes de áreas antropogénicas que llegan a los bordes de los bosques (ecotonos) incrementando la riqueza específica en algunos hábitats. Por esta razón, es recomendable evaluar los cambios en la estructura y composición a través de análisis de diversidad beta y de curvas de rango abundancia que permitan entender mejor el cambio en las jerarquías de especies dominantes y raras. Se resalta la importancia de conocer la relación de los anfibios con las variables bióticas y abióticas de su ambiente y la estructura vegetal de éste, para entender sus dinámicas espacio-temporales y así identificar grupos de especies sensibles dentro del ensamblaje para priorizar su conservación. En este sentido, la diversidad funcional, asociada a los rasgos de historia natural de las especies, es un tema de investigación que debe ser explorado para entender patrones subyacentes en los ensamblajes de anfibios.

Ecofisiología y cambio climático

Los estudios ecofisiológicos son importantes como fuente de información transversal en la conservación de anfibios. Un cambio ambiental drástico en un lugar ocupado por una población de anfibios puede ocasionar extinción local, siendo las alternativas a esta opción la migración, o los ajustes fisiológicos o comportamentales. Los ajustes comportamentales son importantes en ciertos contextos, por ejemplo fragmentación del hábitat (Neckel-Oliveira and Gascon 2006) pero no son mecanismos compensatorios válidos en situaciones donde agentes patógenos, contaminación por tóxicos, o exposición a eventos climáticos extremos, se encuentran asociados. Frente a este tipo de alteración ambiental lo esperado es un ajuste fisiológico en las especies o el declive local de las poblaciones de anfibios. Sin embargo, es claro que esos tipos de alteración afectan de manera diferencial a las especies e incluso poblaciones de anfibios. En otras palabras, la misma modificación ambiental puede ser letal para una población e inocua para otra, pues el grado de estrés causado por el cambio ambiental no depende del tipo o magnitud del cambio en sus valores absolutos, sino de la habilidad fisiológica típica de los individuos de una especie para lidiar con ese cambio (Wikelski y Cooke 2006). Así, una pregunta esencial a responder en la ecofisiología de la conservación es: ¿por qué, en términos de causas proximales, algunas especies de anuros son extremadamente sensibles; mientras que otras son extremadamente susceptibles a las modificaciones ambientales (Navas and Otani 2007)? Finalmente, cabe destacar que aún en el contexto de los ajustes comportamentales, la capacidad para el desplazamiento es esencial y es, por su vez, un factor claramente relacionado a la fisiología del esfuerzo. Por estas razones los estudios fisiológicos y ecofisiológicos son importantes en el contexto de la conservación biológica.

La acumulación de gases por efecto invernadero reducen la capa de ozono y alteran los regímenes de precipitación, de temperatura y de radiación ultravioleta (UV-B). Estos factores interactúan entre sí y causan directamente el declive de muchas poblaciones a nivel mundial. El efecto combinado entre los rayos UV-B y la hipoxia en los cuerpos de agua, afecta el éxito reproductivo de algunos anfibios a través del retardo en el desarrollo de embriones, reducción en el tamaño corporal de los individuos y problemas en la capacidad de movimiento de larvas y juveniles (Asociación Colombia de Zoología 2010). Como efecto indirecto también se afecta la densidad de invertebrados, y por lo tanto la alteración en la disponibilidad de alimento y las dietas de algunas especies.

En el caso de las ranas de cristal (familia Centrolenidae), se predice que la mayoría de las especies conocidas (alrededor de 150; Amphibiaweb 2010) reducirán su distribución geográfica debido al cambio climático. Este hecho podría ser debido a la alta afectación que tendrían los anfibios al aumentar la temperatura tanto en tierras altas como en bajas. En un escenario extremo de incremento de 3 °C, la extinción de los centrolénidos sería masiva (Asociación Colombia de Zoología 2010). Aunque en los Andes tropicales el incremento de temperatura ha sido de 0.6 °C, es posible que la pérdida y la fragmentación del hábitat sumada a la degradación en los fragmentos remanentes (e.g. efectos de borde, entresaca selectiva de madera), estén generando disminuciones poblacionales de manera silenciosa.

El bioma de páramo alberga tan solo 39 especies de anfibios, posiblemente porque se reduce la variedad de modos reproductivos que pueden sobrevivir en este ambiente que sufre cambios climáticos circadianos extremos (Lynch y Suárez-Mayorga 2002) afectando a través del pH del agua y la intensidad de rayos UV, el desarrollo del embrión (Navas 2005). De esta forma, en los ecosistemas de páramo las especies de anfibios se han adaptado a amplios rangos diarios de temperatura causados por los ciclos circadianos de alta montaña (0 °C a 40 °C) a través de estrategias de comportamiento como la termorregulación heliotérmica y uso de sustratos como refugios (e.g. agua); y estrategias ecofisiológicas para evitar o tolerar el congelamiento (e.g. proyectar el agua a la periferia para que se congele y dejar en el centro las vísceras, aisladas del frío extremo o el incremento repentino en los niveles de glucosa). En *Pristimantis nericus*, que se encuentra en el PNN Chingaza, se determinó que a pesar de que su temperatura corporal es idéntica a la ambiental, puede soportar los extremos climáticos debido a que presenta una alta concentración de glucosa la cual interviene en los procesos de crío-protección (Asociación Colombia de Zoología 2010). Sin embargo, al igual que en otras especies de anfibios, la pérdida de hábitat podría estar reduciendo la calidad del hábitat donde esta especie busca refugio, dándose una sinergia entre pérdida y/o transformación de los ambientes con el cambio climático.

Contaminación

Los agroquímicos afectan a las poblaciones de anfibios que habitan incluso en ecosistemas naturales bien conservados, a través de su dispersión por el aire (Sparling et al. 2001). Estos químicos, provenientes de matrices antropogénicas, exponen a los anfibios a altos niveles de contaminantes, afectando el éxito reproductivo al impedirse la fertilización de los huevos; adicionalmente, pueden producir deformidades en larvas y juveniles y causar la muerte (Beebe et al. 1990). En una población se considera normal un 2% de individuos con malformaciones, pero en sistemas cerrados se han llegado a presentar hasta un 25% debido a la bioacumulación de metales pesados en tejidos.

De los agroquímicos más usados en el país, el CosmoFlux® es un coadyuvante de uso frecuente principalmente en la erradicación de cultivos de uso ilícito. A pesar de no presentar efectos inmediatos aparentes, este tiene un efecto genotóxico en los anfibios que afecta el movimiento de neonatos en ambientes acuáticos y terrestres, y causa daño genético. Por su parte, el Roundup® tiene un efecto citotóxico y genotóxico que inmunosuprime a los anfibios expuestos (Asociación Colombia de Zoología 2010). Por lo tanto, es de gran interés para la comunidad científica la generación de investigaciones que ayuden a comprender los efectos negativos de los contaminantes químicos sobre las poblaciones de anfibios.

Ecología de poblaciones

De manera general, los problemas asociados con las perturbaciones antropogénicas se reflejan en las poblaciones de anfibios en la pérdida de variabilidad genética, elasticidad demográfica y estocasticidad ambiental. En algunos estudios en islas continentales (e.g. oasis o fragmentos de bosque) se determinó que no hay desplazamiento de anfibios entre parches, convirtiéndose esas poblaciones en sistemas cerrados que pueden estar sufriendo procesos endogámicos tendientes a cuellos de botella. Así mismo, en cada isla o parche la proporción de sexos es muy variable manteniendo constante el patrón de mayor número de machos que hembras en las poblaciones (Asociación Colombia de Zoología 2010). Algo similar puede estar sucediendo con las 69 especies del género *Phrynosoma* dado que cada especie ocupa de manera restringida lugares relativamente cercanos pero aislados entre sí (e.g. cimas de montañas o valles separados por ríos). En ambos casos el cambio climático puede ser crítico para este grupo ante la imposibilidad de cambiar de nicho ecológico altitudinal debido a la especificidad de hábitat de cada especie. Surge entonces la pregunta: “¿tendremos tiempo de descubrir todas las especies que faltan y entender patrones evolutivos antes de tener extinciones masivas?”. Se recomienda que futuros estudios en ecología de poblaciones hagan uso de modelos de población cerrada con heterogeneidad, que relajen el supuesto de igualdad en probabilidades de captura. Así mismo, es indispensable contar con diseños robustos que, en las investigaciones, incluyan suficientes replicas espaciales y temporales para evitar subestimar los tamaños poblacionales en las especies de estudio.

En el caso de investigaciones relacionadas con la dieta de los anfibios, una de las preguntas evaluadas en los trabajos presentados durante el simposio fue: ¿qué variables morfométricas están asociadas a las dietas?. Es necesario hacer análisis de redes complejas de dieta a nivel de especies en los ítems consumidos dado que a nivel de orden no se evidencian patrones claros de preferencia. Así mismo, es necesario ver cambios espacio-temporales en la dieta de distintas poblaciones de la misma especie en diferentes tipos de vegetación dado que una especie puede usar de manera diferencial (e.g. refugio, vocalización, ovoposición, reproducción, consecución de alimento, evasión de predadores, entre otros) un hábitat o gradientes de hábitats. Finalmente se recomienda, para futuros trabajos, relacionar la dieta con otras variables ambientales y estructurales del microhábitat de los individuos evaluados preferiblemente a lo largo de gradientes naturales a antropogénicos, con el fin de aportar información valiosa para la conservación de los anfibios.

Ruido antropogénico y otros efectos ecológicos de las carreteras

Los anfibios utilizan las señales acústicas como su principal forma de comunicación para procesos tales como reconocimiento de conspecíficos, búsqueda de pareja, y defensa de territorios o algún recurso importante para ellos (Gerhardt y Huber 2002). Sin embargo, el canto en los anfibios, es innato y determinado genéticamente, y los individuos poseen poca capacidad de modular la frecuencia de su canto (Gerhardt y Huber 2002). Esto hace que actividades humanas generadoras de ruido puedan tener impactos negativos en las poblaciones de anfibios de Colombia, ya que la información contenida en las señales acústicas emitidas por los emisores sería “enmascarada” por el ruido y por lo tanto, no podría ser captada y decodificada por los receptores (Brumm y Slabbekoorn 2005).

Son innumerables los tipos de actividades humanas generadoras de ruido, las cuales tienden a concentrarse en ambientes urbanos; sin embargo, una fuente de ruido que atraviesa ecosistemas naturales y de ahí, tiende a “invadir” el hábitat natural de la mayoría de anfibios en Colombia, es el tráfico vehicular en carreteras. El ruido antropogénico producido en carreteras puede promover que las especies incrementen la frecuencia de su canto, o incrementen su tasa de canto y exhiban comportamientos de alternación de tiempo de canto, es decir, los individuos tienden a cantar cuando los niveles de ruido ambiental son bajos y tienden a dejar de cantar si el nivel de ruido se incrementa (Sun y Narins 2006, Kaiser y Hammer 2009; Parris y Schneider 2009). Un incremento en la frecuencia de canto puede reducir los niveles de enmascaramiento de las señales acústicas ya que el ruido es preponderante a frecuencias bajas, no obstante, cantar a altas frecuencias reduce la distancia de comunicación de los individuos lo que, podría reflejarse en una reducción de oportunidades de encontrar pareja (Parris et al. 2009). Un incremento en la tasa de canto puede ser costoso para los individuos y eventualmente reducir sus posibilidades de sobrevivencia futura y así, su eficacia biológica (Wells 2001, Parris 2002).

Así mismo, las carreteras pueden implicar para algunas poblaciones de anfibios una barrera difícil de superar y por lo tanto, poblaciones en fragmentos de bosque separados por una carretera pueden experimentar una reducción en el flujo e intercambio de individuos y presentar una reducción de tamaño poblacional. Además las carreteras generan atropello vehicular de individuos que migran en masa hacia microhábitats de reproducción (charcas o pozos de agua) que se encuentran en lados opuestos de la carretera reflejándose en un declive dramático de las poblaciones de anfibios atropelladas (Fahrig y Rytwinski. 2009, Andrews et al. 2008) o interrumpiendo de manera permanente el desarrollo de una de las fases de su ciclo de vida (Becker et al. 2009).

Los efectos de la red vial en Colombia sobre la fauna de anfibios en nuestro país pueden ser dramáticos y en general la “ecología de carreteras” es toda una línea de investigación inexplorada en Colombia y que requiere múltiples esfuerzos para responder preguntas básicas tales como las tasas de mortalidad por atropello de anfibios en Colombia, o preguntas más elaboradas tales como: ¿qué especies de ranas son más susceptibles al enmascaramiento de sus señales acústicas por el ruido generado en carreteras?; ¿cómo se refleja dicho enmascaramiento en la eficacia biológica de sus poblaciones?; ¿las especies exhiben estrategias adaptativas o no adaptativas para comunicarse en ambientes con alto nivel de ruido antropogénico?; y si hay un efecto de las carreteras a nivel de ensamblajes de anfibios, ¿cómo se podría reflejar eso en la diversidad funcional de dichos organismos?. Responder a estas y otras preguntas es importante, pues ofrecerían una base teórica sólida para predecir e implementar planes de manejo que ayuden a mitigar los efectos ecológicos de las carreteras en los anfibios de Colombia a la vez que, se cumpliría con los planes de desarrollo vial del país.

Especies invasoras

Este factor de amenaza es uno de los que genera presiones directas y silenciosas para los anfibios nativos. Las especies invasoras presentan altos niveles de agresividad (entendida esta como la capacidad de dispersarse rápidamente excluyendo por competencia a otras especies nativas), sumado a la tremenda capacidad de depredación de individuos de especies nativas, sus altos niveles reproductivos bajo condiciones incluso adversas y la capacidad de ser portadores sanos de patógenos de alto poder infeccioso para especies nativas (Baptiste y Múnera 2010). Algunas

especies son capturadas en su región original y comercializadas a nivel global como alimento (e.g. *Lithobates catesbeianus*) o mascotas (e.g. *Hemidactylus brooki*, *Eleutherodactylus johnstonei*). Estas especies han llegado a Colombia, y están causando graves daños en los ensamblajes nativos urbanos y los ecosistemas naturales invadidos, alterando las dinámicas e interacciones entre las especies nativas; y, en escenarios de cambio climático, se espera que algunas de estas especies incrementen su distribución geográfica en el país (Urbina-Cardona y Castro 2010). Específicamente *L. catesbeianus*, ha sido reportada para Colombia desde 1994 (Daza Vaca y Castro Herrera 2000, Rueda-Almonacid 2000, Lynch 2005, Mueses-Cisneros y Ballén 2007) y a nivel mundial se encuentra señalada como una de las especies invasoras más agresivas debido a que por sí sola tiene gran capacidad de dispersión de huevos, larvas y adultos, afecta directamente a las poblaciones nativas por depredación y competencia, e indirectamente al ser portadora pasiva del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Mazzoni et al. 2003, Schoegel et al. 2009). Así mismo, los peces invasores (e.g. *Oncorhynchus sp*) generan depredación directa y masiva sobre las posturas de los anfibios y pueden actuar como vectores de algunas enfermedades en los ambientes invadidos. Se requiere contar con un listado nacional oficial de especies invasoras con sus mapas de distribución potencial actual e información ecológica respectiva. Es necesario fortalecer las iniciativas de investigación que busquen definir el estado poblacional, historia natural y área de distribución de las poblaciones de especies invasoras; para contar con soportes científicos y técnicos. Es indispensable que las Corporaciones Autónomas Regionales (CARs y CDS) realicen, con el apoyo de Universidades, e Institutos de Investigación, búsquedas y detecciones tempranas de estas especies invasoras en sus ecosistemas naturales con el fin de adoptar medidas de monitoreo, seguimiento y control de las poblaciones y poder priorizar áreas para la erradicación de estas poblaciones (Urbina-Cardona y Castro 2010).

MESA REDONDA

Al finalizar las presentaciones del simposio, se procedió a hacer una mesa redonda a la cual asistieron 70 investigadores para generar sinergias, compartir experiencias e identificar los principales factores de amenaza para los anfibios y las acciones para mitigarlas en el país.

Necesidades y retos para la investigación sobre la conservación biológica de los anfibios son:

- Entender la respuesta de la herpetofauna a la perturbación antropogénica y gradientes de hábitat y su respuesta a gradientes microclimáticos, enfermedades emergentes y pérdida de la diversidad genética.
- Entender y valorar los bienes y servicios ecosistémicos que dependen de los procesos ecológicos en los que están implicados los anfibios.
- Fortalecer el sistema de Áreas Naturales Protegidas incluyendo las Reservas Privadas de la Sociedad Civil.
- Monitorear la expansión y el impacto del *Bd* y explorar la viabilidad de tratamientos *in situ* (e.g. soluciones con bacterias anti fúngicas) a lo largo de gradientes altitudinales amplios. Iniciar una puesta en común de todos los investigadores que en el país han trabajado o trabajan actualmente con *Bd*, con el fin de planear una acción de monitoreo sin repetir acciones y estandarizar protocolos para hacer comparables los resultados de diferentes investigaciones.
- Fortalecer los procesos de manejo, control y erradicación de poblaciones de especies invasoras
- Incentivar la colaboración y la participación de las comunidades locales y tomadores de decisiones en los proyectos de conservación, generando sentido de pertenencia y carisma por las especies locales de anfibios.
- Controlar el tráfico ilegal de anfibios a nivel local, nacional e internacional.
- Vigilar que los programas de biocomercio que involucren a los anfibios cumplan estrictamente con la normatividad.
- Controlar y restringir los permisos de colecta en regiones geográficas del país que han sido extensamente muestreadas y presentan suficientes organismos "voucher" en colecciones zoológicas.
- Manejar las matrices antropogénicas (arreglos agroforestales y silviculturales, cercas vivas, labranza mínima, entre otras herramientas del paisaje) y generar zonas de amortiguación de áreas núcleo para incrementar la permeabilidad del paisaje y la calidad de hábitat en los fragmentos. Controlar la pérdida de hábitat e incrementar la conectividad a lo largo de gradientes naturales (e.g. altitudinales), a la vez que se controla la dispersión de especies invasoras, enfermedades emergentes e incendios.
- Mantener la conectividad entre fragmentos de vegetación natural remanente y los cuerpos de agua para asegurar la culminación de ciclos de vida de especies con modos reproductivos ligados al agua
- Fortalecer actividades de educación y sensibilización ambiental articulado a propuestas institucionales ambientales que permita a docentes, estudiantes y comunidad en general, comprender e incidir positivamente, a nivel local, en la problemática de las especies de anfibios amenazados.
- Vincular la información de historia natural de las especies (e.g. uso y preferencia de microhábitats y presas) con estudios de ecofisiología de la conservación para tener un manejo adecuado de la especie y su hábitat.
- Fortalecer los programas de conservación *ex situ* que se vienen desarrollado en el país a través de la generación de capacidad técnica dentro de los parques zoológicos y viveros. El estudio de organismos en cautiverio permite entender la época reproductiva, el porcentaje de huevos viables, huevos eclosionados y de metamorfos por pareja, el patrón de crecimiento y permite apoyar programas de educación ambiental. Sin embargo, se debe monitorear a largo plazo el éxito de los programas de conservación *ex situ* en la reintroducción de individuos y poblaciones en vida silvestre en el país.
- Incorporar dentro de los planes de manejo de áreas protegidas las especies de anfibios como grupo de importancia para el desarrollo de esquemas de monitoreo en el largo plazo
- Crear capacidad técnica en funcionarios de Parques Nacionales y comunidades locales que trabajan dentro de áreas protegidas para implementar programas de monitoreo en el largo plazo de poblaciones de anfibios amenazados.
- Crear y/o fortalecer laboratorios de referencia para el diagnóstico de *Bd*, y otras enfermedades infecciosas de anfibios, en el país.
- Contar con una nomenclatura taxonómica uniforme y estable para evitar sobre o subestimar la riqueza de especies en la conservación y para tener una legislación adecuada. Los cambios constantes y radicales en la taxonomía de los anfibios pueden traer consecuencias nefastas a la conservación biológica. Es necesario generar mecanismos de redes de información adecuados y expeditos para garantizar la actualización de los cambios nomenclaturales a diferentes sectores: la comunidad de herpetólogos, tomadores de decisiones, comunidades locales, entre otros actores.

Se identificaron diversos desafíos y problemas para la conservación de los anfibios:

- Problemas de financiación en investigación que pueden ser solventados a partir de convocatorias para investigación en anfibios por parte de CARs, COLCIENCIAS, ONGs, y cooperación extranjera. Las asociaciones gremiales, tales como la Asociación Colombiana de Zoología y la Asociación Colombiana de Herpetología, podrían generar programas de financiación de investigación sobre especies amenazadas y con datos deficientes para ser recategorizadas en una actualización del libro rojo de los anfibios de Colombia.
- En Colombia, los investigadores deben publicar los resultados de sus investigaciones, con el fin de informar a la comunidad científica sus resultados, evitar duplicar trabajos en el país, no cometer los mismos errores en las investigaciones y así construir nuevos conocimientos basados en preguntas de investigación surgidas de trabajos anteriores.
- Problemas legales, sociales, políticos y económicos para la sostenibilidad financiera en el tiempo de las acciones de conservación *in situ*.
- Problemas de obtención de permisos de acceso a recursos genéticos y de investigación (y colecta) científica. Se requiere contar con abogados ambientales expertos en la lectura de la legislación ambiental internacional para que nos expliquen la ley a los biólogos y carreras afines. A este respecto, es indispensable que los investigadores del gremio muestren mayor interés por conocer y entender la legislación ambiental en este tema para lograr un mayor nivel de incidencia a nivel nacional, regional o local.

Herramienta para la conservación

La conservación biológica requiere herramientas robustas para tomar decisiones lo más pronto posible. En este sentido, existen algunas líneas de investigación, como las abordadas en este simposio, que deben ser desarrolladas de manera más eficiente, articulada y concertada a nivel nacional para priorizar preguntas de investigación encaminadas al manejo y conservación de los anfibios. Sin embargo, para que la conservación biológica pueda ser sostenible en el tiempo, los esquemas de conservación deben superar los costos de oportunidad de otras actividades extractivas y productivas en el país. Esto solo es posible si se asegura que las comunidades locales sean empoderadas, incrementen su gobernabilidad y tengan satisfechas sus necesidades básicas (vivienda, educación, salud y alimentación) para que los modos de vida sostenibles puedan ser perpetuados en pro de la conservación biológica. Así, las opciones reales de conservación con posibilidades de sostenibilidad financiera, son:

- **Acuerdos de conservación** basados en especies sombrilla, iconos carismáticos o especies endémicas para una región y mediante educación ambiental focalizada que pueda generar sentido de pertenencia en la comunidad.
- **Incentivos económicos y tributarios** (e.g. reducción de impuestos, valorización de predios).
- **MDL forestal** que permite incrementar la conectividad y permeabilidad en matrices seminaturales haciendo uso de herramientas del paisaje (cercas vivas, arreglos silviculturales, entre otros) que buscan incrementar la captura de carbono en una región.
- **REDD +** que permite evitar la deforestación y degradación de selvas y bosques con aportes económicos a las comunidades locales provenientes de bonos de carbono forestal.
- **Monitoreo participativo** que genera sentido de apropiación en la comunidad, asegura la sostenibilidad en el tiempo de los monitoreos a largo plazo y es compatible con actividades eco-turísticas de bajo impacto (e.g. grupos de observadores de fauna)

Retos futuros para los herpetólogos de Colombia

- Definir un Plan de Acción para la Conservación de los Anfibios concertado entre la Asociación Colombiana de Herpetología, las Universidades y ONGs ambientales del país y el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial-MAVDT.
- Posicionar el tema de la conectividad del hábitat para la conservación de los anfibios (y de otros grupos) de tal forma que logre permear las políticas de desarrollo y sus distintas carteras.
- Apoyar técnicamente a los tomadores de decisiones de entidades del Sistema Nacional Ambiental - SINA para que cumplan sus funciones en el tema de conservación biológica y lograr permear la Política Pública a través de la ordenación del territorio: planes de gestión de las CARs, planes de UMATAS, POT, POMCA, EOT, entre otros.
- Estandarizar la implementación de los protocolos de muestreo en el país para poder comparar resultados entre diferentes estudios, en búsqueda de patrones robustos a nivel nacional que permitan tomar decisiones acordes con la situación de cada especie o hábitat.
- Es necesario que la investigación tenga una dimensión multidisciplinaria para que las sinergias entre colegas de diferentes áreas del conocimiento permita profundizar y complementar de manera adecuada las líneas de investigación.
- La Asociación Colombiana de Herpetología tiene el reto, apoyado por todos los herpetólogos, de consolidar e integrar el conocimiento sobre la historia natural y autoecología de las especies del país. Esta información debe ser utilizada periódicamente para recategorizar a los anfibios de Colombia en estados de amenaza, reduciendo cada vez más el grado de desconocimiento de especies categorizadas como con "datos deficientes".
- Mejorar el estado de conocimiento de historia natural, autoecología y distribución geográfica de las especies categorizadas como "Datos Deficientes -DD" a partir de trabajos de pregrado y posgrado.
- Determinar y priorizar periódicamente las especies claves que requieran de un manejo de conservación *ex situ* (manejo en cautiverio). En el 2007 la organización Amphibian Ark priorizó 200 especies colombianas que deberían ser reevaluadas con cierta periodicidad: <http://www.amphibianark.org/about-us/aark-activities/planning-workshops/>
- Evaluar los avances de la estrategia de conservación *ex situ* no solo como estrategia de educación ambiental sino para la conservación de anfibios y evaluar los criterios con los cuales se están priorizando las especies de estudio. Este tema merece una revisión previa al Plan de Acción para la Conservación de los Anfibios en Colombia para definir su eficacia en la reintroducción, supervivencia y persistencia de individuos en vida silvestre.
- Hacer una divulgación masiva a todo nivel, sobre la importancia de los anfibios, los servicios que nos prestan, su crítico declive y la importancia de detener el tráfico ilícito y controlar la deforestación. Publicar artículos científicos, divulgar el tema en revistas, periódicos, blogs en internet, hacer talleres con las comunidades locales, e impulsar iniciativas como "Salvar a las Ranas" (e.g. "Save the Frogs Day" el 29 de abril de 2011 <http://www.savethefrogs.com/day/>), entre otras estrategias. De esta manera podremos asegurar la participación informada del público general que pueda generar presiones sobre los gobiernos, en pro de la conservación de la biodiversidad.

Finalmente los asistentes a la mesa redonda nos comprometemos a invitar a los herpetólogos de Colombia para iniciar un trabajo de grupo encaminado a formular el Plan de Acción para la Conservación de los Anfibios de Colombia para lo cual, el próximo paso será la creación de la alianza para la conservación de anfibios en Colombia que inicialmente será impulsada por Wildlife Conservation Society-WCS y será canalizada a través de la Asociación Colombiana de Herpetología – Ach. En la actualidad se está creando una red de correos electrónicos a través de la cual se convocará a los herpetólogos colombianos para hacer parte de este importante proceso. Por lo pronto, el presente trabajo busca tener una breve revisión del estado del arte en los factores que amenazan la supervivencia de los anfibios en el país y propone algunas necesidades y retos de investigación científica, plantea algunos desafíos para la conservación de los anfibios en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer sinceramente a todas las personas que presentaron sus trabajos de investigación y a los que asistieron al "Primer Simposio de prioridades en la conservación de anfibios ante su crisis global" en el marco del III Congreso Colombiano de Zoología. Así mismo queremos resaltar la asistencia y participación proactiva de los 70 herpetólogos que hicieron parte de la mesa redonda, aportando significativamente a los objetivos del simposio con sus preguntas y comentarios. Esperamos que en la presente reseña se hayan plasmado satisfactoriamente sus requerimientos, necesidades e inquietudes y que durante el año 2011, y en adelante, podamos continuar generando sinergias y aprendiendo de experiencias exitosas de acciones para mitigar los factores que amenazan a los anfibios a nivel local, regional y nacional.

REFERENCIAS

- AmphibiaWeb 2010. Information on amphibian biology and conservation. [web application]. 2010. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Available: <http://amphibiaweb.org/>. (Accessed: 2010)
- Andrews, K. M., J. W. Gibbons y D. M. Jochimsen. 2008. Ecological effects of roads on amphibians and reptiles: A literature review. Págs. 121-143. En: In J. C. Mitchell, R. E. J. Brown y B. Bartholomew (eds.). Urban Herpetology. Salt Lake City Utah USA: Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- Asociación Colombia de Zoología. 2010. Trabajos presentados durante el simposio Z6 de "Prioridades en la conservación de anfibios ante su crisis global" 35-49 pp. En: Asociación Colombiana de Zoología. 2010. Creando un clima para el cambio: La biodiversidad, servicios para la

humanidad.. III Congreso Colombiano de Zoología, Libro de resúmenes. Asociación Colombiana de Zoología. Disponible en línea: www.iiicongresocolombianodezoologia.org

- Baptiste M.P. y C. Múnera. 2010. Análisis de riesgo de vertebrados terrestres introducidos en Colombia (Anfibios, Reptiles, Aves y Mamíferos). En: Baptiste M.P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D.L. y Lasso C.A. (eds). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de Categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 149-199 p.
- Becker, C., Fonseca, C., Baptista, C., Baptista, R. y Prado, P. 2007. Habitat Split and the Global Decline of Amphibians. *Science*. 318: 1775-1777.
- Beebee, T. J. C., R. J. Flower y A. C. Stevenson. 1990. Decline of the natterjack toad *Bufo calamita* in Britain: Paleocological, documentary and experimental evidence for breeding acidification. *Biological Conservation* 53: 1-20.
- Bielby J., Cooper N., Cunningham A.A., Garner T.W.J. y Purvis A. 2008. Predicting susceptibility to future declines in the world's frogs. *Conservation Letters* 1:82-90.
- Brumm, H. y Slabbekoorn, H. 2005. Acoustic communication in noise. *Advances in the Study of Behavior* 35:151-209.
- Cáceres-Andrade, S. y Urbina-Cardona, J.N. 2009. Ensamblajes de anuros de sistemas productivos y bosques en el piedemonte llanero, Departamento del Meta, Colombia. *Caldasia* 31(1):175-194.
- Castro-Herrera, F. y Bolívar-García, W. 2010. Libro Rojo de los Anfibios el Valle del Cauca. En: Colombia 2010. Editorial Feriva. 200 p.
- Cooper, N., Bielby, J., Thomas, G.H. y Purvis, A. 2008. Macroecology and extinction risk correlates of frogs. *Global Ecology and Biogeography* 17:211-221.
- Corredor, G., Velásquez, B., Velasco, J., Castro, F., Bolívar, W., y Salazar, M. 2010. Plan de acción para la conservación de los anfibios del Valle del Cauca. CVC, Fundación Zoológica de Cali y Universidad del Valle. Santiago de Cali. 41 p.
- Crawford A.J., Lips K.R. y Bermingham E. 2010. Epidemic disease decimates amphibian abundance, species diversity, and evolutionary history in the highlands of central Panama. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 107: 13777-13782.
- Crump, M.L. 2003. Conservation of amphibians in the New World tropics. En: Semlitsch, R.D. (Ed.), *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution, USA, pp. 53-69.
- Daza Vaca, J. D. y F. Castro Herrera. 2000. Hábitos alimenticios de la rana toro (*Rana catesbeiana*) Anura: Ranidae, en el Valle del Cauca, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23(Suplemento Especial): 265-274.
- Fahrig, L. y T. Rytwinski. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1): 21. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/>
- Fisher, M.C., Garner, T.W.J., Walker S.F. 2009. Global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and amphibian chytridiomycosis in space, time, and host. *Annual Review of Microbiology* 63:291-310.
- Flechas, S.V., Medina, E., Crawford, A., Silva, C., Corredor, G., Restrepo, S., Cárdenas, M. y Amezcuita, A. 2010. Interacciones rana - quitridio en especies colombianas: más allá de la prueba diagnóstica. En: Asociación Colombiana de Zoología. 2010. Creando un clima para el cambio: La biodiversidad, servicios para la humanidad. III Congreso Colombiano de Zoología, Libro de resúmenes. Asociación Colombiana de Zoología. Pp. 41.
- Gardner, T.A., Barlow, J. y C.A. Peres. 2007. Paradox, presumption and pitfalls in conservation biology: The importance of habitat change for amphibians and reptiles. *Biological Conservation* 138:166-179.
- Gascon, C., Lovejoy, T.E., Bierregaard, R.O., Malcolm, J.R., Stouffer, P.C., Vasconcelos, P., Laurance, W.F., Zimmerman, B., Tocher, M., and Borges, S. 1999. Matrix habitat and species persistence in tropical forest remnants. *Biological Conservation* 91: 223-229.
- Gerhardt, H. C. y Huber, F. 2002. *Acoustic communication in insects and anurans: common problems and diverse solutions*: The University of Chicago Press.
- Goka, K., J. Yokoyama, Y. Une, T. Kuroki, K. Suzuki, M. Nakahara, A. Kobayashi, S. Inaba, T. Mizutani, y A. D. Hyatt. 2009. Amphibian chytridiomycosis in Japan: distribution, haplotypes and possible route of entry into Japan. *Molecular Ecology* 18:4757-4774.
- Hoffmann M, Hilton-Taylor C, Angulo A, Böhm M, Brooks TM, Butchart SHM, et al. 2010. The Impact of Conservation on the Status of the World's Vertebrates. *Science* 330:1503-1509.
- IUCN. 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 17 December 2010.
- James, T. Y., A. P. Litvintseva, R. Vilgalys, J. A. T. Morgan, J. W. Taylor, M. C. Fisher, L. Berger, C. Weldon, L. du Preez, y J. E. Longcore. 2009. Rapid global expansion of the fungal disease chytridiomycosis into declining and healthy amphibian populations. *PLoS Pathogens* 5:e1000458.
- Kaiser, K. y Hammers, J. L. 2009. The effect of anthropogenic noise on male advertisement call rate in the neotropical treefrog, *Dendropsophus triangulum*. *Behaviour* 146:1053-1069.
- Kielgast, J., D. Rödder, M. Veith, y S. Lötters. 2010. Widespread occurrence of the amphibian chytrid fungus in Kenya. *Anim. Cons.* 13:36-43.
- Laurance, W. F. y Useche, D.C. 2009. Environmental synergisms and extinctions of tropical species. *Conservation Biology* 23: 1427-1437.
- Lips K.R., Diffendorfer J., Mendelson J.R. y Sears, M.W. 2006. Riding the wave: reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *PLoS Biology* 6: e72.
- Lips, K.R. and M. A. Donnelly. 2005. *Lessons from the Tropics*. En: *Amphibian Declines: The conservation status of United States Species*. Lanoo, M. (ed.). University of California Press. U.S.A.
- Lynch, J. 2005. An alert concerning a possible threat to the amphibian fauna east of the Andes: discovery of the American Bullfrog in eastern Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 29 (113): 589-590.
- Lynch, J. y Suárez-Mayorga, A. 2002. Análisis Biogeográfico de los Anfibios Paramunos. *Caldasia* 24(2): 471-480.
- Lynch, J.D. 1986. Origins of the high Andean herpetological fauna. En: F. Vuilleumier y M. Monasterio (eds.). *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford University Press, Oxford, Pp. 478-499.
- Marsh, D.M. y Pearman, P.B., 1997. The effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of terrestrial leptodactylid frogs in an Andean montane forest. *Conservation Biology* 11: 1323-1328.
- Mazzoni, R., Cunningham, A.A., Daszak, P., Apolo, A., Perdomo, E. y Speranza, G. 2003. Emerging Pathogen of Wild Amphibians in Frogs (*Rana catesbeiana*) Farmed for International Trade. *Emerging Infectious Diseases* 9: 995-998.
- Mueses-Cisneros, J.J. y Ballén, G. 2007. Un nuevo caso de alerta sobre posible amenaza a una fauna nativa de anfibios en Colombia: Primer reporte de la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) en la sabana de Bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 31(118):65-166.
- Navas, C. A., y L. Otani. 2007. Physiology, environmental change, and anuran conservation. *Phyllomedusa* 6:83-103.
- Navas, C.A. 2003. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 133: 469-485.
- Navas, C.A. 2005. Patterns of distribution of anurans in high Andean tropical elevations: insights from integrating biogeography and evolutionary physiology. *Integrative and Comparative Biology* 46: 82-91.
- Neckel-Oliveira, S., y C. Gascon. 2006. Abundance, body size and movement patterns of a tropical treefrog in continuous and fragmented forests in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation* 128:308-315.
- Ochoa-Ochoa, L. Urbina-Cardona, J.N., Flores-Villela, O., Vázquez, L-B and Bezaury-Creel, J. 2009. The role of land protection through governmental protected areas and social action in biodiversity conservation: the case of Mexican amphibians. *PlosOne*: 4(9):e6878.

- Osorno, M., 1999. Evaluación del efecto de borde para poblaciones de *Eleutherodactylus* viejas (AMPHIBIA: ANURA: LEPTODACTYLIDAE), frente a corredores de servidumbre en diferente estado de regeneración, en dos bosques intervenidos por líneas de transmisión eléctrica de alta tensión. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (23): 347-356
- Parris, K. M. 2002. More bang for your buck: The effect of caller position, habitat and chorus noise on the efficiency of calling in the spring peeper. *Ecological Modelling* 156: 213-224.
- Parris, K. M. y Schneider, A. 2009. Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. *Ecology and Society* 14:29. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss21/art29/>.
- Quintero-Marín, M.P. 2008. Estimating infection level and vulnerability of Andean frogs to the pathogenic fungus, *Batrachochytrium dendrobatidis*. Magister thesis. Universidad de los Andes, Bogotá. 27 p.
- Rohr, J.R., Raffel T.R., Romansic J.M., McCallum H. y Hudson P.J. 2008. Evaluating the links between climate, disease spread, and amphibian declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 17436-17441.
- Rosenblum, E.B., Voyles J., Poorten T.J. y Stajich, J.E. 2010. The deadly chytrid fungus: A story of an emerging pathogen. *PLoS Pathogens* 6: e1000550.
- Rueda Almonacid, J.V. 2000. Situación actual y problemática generada por la introducción de "Rana Toro" a Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23 (Suplemento Especial):367-393.
- Rueda Almonacid, J.V., Lynch, J.D. y Amezcuita, A. (eds). 2004. Libro rojo de anfibios de Colombia. Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, D. C. Colombia. 384 pp.
- Ruiz, A y Rueda-Almonacid, J.V. 2008. *Batrachochytrium dendrobatidis* and Chytridiomycosis in Anuran Amphibians of Colombia. *Ecohealth* 5:27-33.
- Santos-Barrera, G. y Urbina-Cardona, J.N. 2011. The role of the matrix-edge dynamics of amphibian conservation in tropical montane fragmented landscapes. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(2): in press
- Sarkar, S., Pressey, R. L., Faith, D. P., Margules, C. R., Fuller, T., Stoms, D. M., Moffett, A., Wilson, K. A., Williams, K. J., Williams, P. H., y S. Andelman. 2006. Biodiversity Conservation Planning Tools: Present Status and Challenges for the Future. *Annual Review of Environment and Resources* 31: 123–159.
- Schlaepfer, M. y Gavin, T. 2001. Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. *Conservation Biology* 15(4): 1079-1090.
- Schloegel, L. M., C. M. Ferreira, T. Y. James, M. Hipolito, J. E. Longcore, A. D. Hyatt, M. Yabsley, A. M. C. R. P. F. Martins, R. Mazzoni, A. J. Davies, y P.
- Daszak. 2010. The North American bullfrog as a reservoir for the spread of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Brazil. *Anim. Cons.* 13:53-61.
- Schoegel, L.M., Picco, A.M., Kilpatrick, A.M., Davies, A.J. y Hyatt, A.D. 2009. Magnitude of the US trade in amphibians and presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and ranavirus infection in imported North American bullfrogs (*Lithobates catesbeianus*). *Biological Conservation* 142:1420-1426.
- Seimon, T.A., Seimon, A., Daszak, P., Halloy, S.R.P., Schloegel, L.M., Aguilar, C.A., Sowell, P., Hyatt, A.D., Konecky, B. y Simmons, J.E. 2007. Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. *Global Change Biology* 13: 288-299.
- Sodhi, N. S., Bickford, D., Diesmos, A. C., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Sekercioglu, C. H. y Bradshaw, C.J.A. 2008. Measuring the Meltdown: Drivers of Global Amphibian Extinction and Decline. *PLoS ONE* 3: e1636.
- Sparling, D. W., G. M. Fellers y L. L. McConnell. 2001. Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20: 1591-1595.
- Sun, J. W. C. y Narins, P. M. 2005. Anthropogenic sounds differentially affect amphibian call rate. *Biological Conservation*, 121: 419-427.
- Urbina-Cardona, J. N. and Loyola R.D. 2008. Applying niche-based models to predict endangered-hyid potential distributions: are neotropical protected areas effective enough? *Tropical Conservation Science Vol.1* (4):417-445.
- Urbina-Cardona, J.N. 2008. Conservation of Neotropical herpetofauna: research trends and challenges. *Tropical Conservation Sciences Vol.1* (4):359-375.
- Urbina-Cardona, J.N. and Flores-Villela, O. 2010. Ecological-Niche Modeling and Prioritization of Conservation-Area Networks for Mexican Herpetofauna. *Conservation Biology* 24(4):1031-1041.
- Urbina-Cardona, J.N. y Castro, F. 2010. Distribución Actual y Futura de Anfibios y Reptiles con Potencial Invasor en Colombia: Una Aproximación Usando Modelos de Nicho Ecológico. Pp 65-72. En: Varela, A. (ed.) *Biodiversidad y Cambio Climático*. IDEAM, Proyecto INAP, Componente "B" Alta Montana - Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. ISBN 978-958-44-6497-2.
- Urbina-Cardona, J.N., Olivares-Pérez, M. y Reynoso, V.H. 2006. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across the pasture-edge-interior gradient in tropical rainforest fragments in the region of Los Tuxtlas, Veracruz. *Biological Conservation* 132:61-75.
- Velásquez, B.E., Castro-Herrera, F., Bolívar-G, W. y Herrera-Montes, M.I. 2008. Infección por el hongo quitrido *Batrachochytrium dendrobatidis* en anuros de la Cordillera Occidental de Colombia. *Herpetotropicos - Journal On Tropical Amphibians And Reptiles* 4: 65 – 70.
- Voyles J, Young S, Berger L, Campbell C, Voyles WF, Dinudom A, et al. Pathogenesis of chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian declines. *Science*. 2009;326:582–5.
- Vredenburg V.T., Knapp R.A., Tunstall T.S. y Briggs C.J. 2010. Dynamics of an emerging disease drive large-scale amphibian population extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:9689-9694.
- Walker S.F., Jaime B., Gomez V., Garner T.W.J., Cunningham A.A., Schmeller D.S., Ninyerola, M. Henk, D.A. Ginestet, C. Arthur, C-P. y Fisher, M.C. 2010. Factors driving pathogenicity vs. prevalence of amphibian panzootic chytridiomycosis in Iberia. *Ecology Letters* 13:372-382.
- Weldon C., du Preez L.H., Hyatt A.D., Muller R. y Speare R. 2004. Origin of the amphibian chytrid fungus. *Emerging Infectious Diseases* 10:2100-2105.
- Wells, K. D. 2001. The energetics of calling frogs. En: *Anuran communication* (Ed. by M. J. Ryan, ed.), pp. 45-60. Washington DC: Smithsonian Institution Press.
- Whiles M.R., Lips K.R., Pringle C.M., Kilham S.S., Bixby R.J., Brenes R., et al. 2006. The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4:27-34.
- Wikelski, M., y S. J. Cooke. 2006. Conservation physiology. *Trends Ecol Evol* 21:38-46.