

ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS Y LA DINÁMICA DE LA QUITRIDIOMICOSIS COMO ENFERMEDAD INFECCIOSA DE ANFIBIOS NEOTROPICALES

ANTHROPOGENIC ACTIVITIES AND CHYTRIDIOMYCOSIS INFECTIOUS DISEASE DYNAMICS IN NEOTROPICAL AMPHIBIAN

Patricio Yáñez^{1,2,*} y Soledad Estupiñán¹

¹ Escuela de Biología Aplicada, Universidad Internacional del Ecuador, Av. Simón Bolívar s/n y Jorge Fernández, Quito-Ecuador.

² Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Iberoamericana del Ecuador. Av. 9 de Octubre y Santa María, Quito, Ecuador.

*Autor para correspondencia: apyanez@hotmail.com

Manuscrito recibido el 10 de septiembre de 2016. Aceptado, tras revisión, el 1 de octubre de 2016.

Resumen

Algunas actividades antropogénicas han demostrado ser las causantes de afectaciones en un gran número de especies de anfibios. La fragmentación de los bosques, el cambio del uso del suelo, las especies introducidas y el cambio climático son factores que durante las últimas décadas han afectado ostensiblemente a la biodiversidad herpetofaunística de todo el Planeta; siendo una de las regiones más afectadas la del Neotrópico. En el presente trabajo se analizan algunos de estos factores y su influencia negativa sobre la composición y diversidad de herpetofauna en esta región, resaltando la presencia de *Batrachochytrium dendrobatidis* como elemento sustancial que está conduciendo a la extinción a muchas especies de anfibios en Latinoamérica.

Palabras claves: neotrópico, biodiversidad, fragmentación de hábitat, herpetofauna, cambio climático, *Batrachochytrium dendrobatidis*, Quitridiomicosis.

Abstract

Some human activities have proven to be the cause of damages in a large number of species of amphibians. Forests fragmentation, land use change, introduced species and climate change are factors that in recent decades have greatly affected the biodiversity of herpetofauna of the entire planet, being the Neotropics one of the most affected region. In this paper we discuss some of these factors and their negative influence on the composition and diversity of herpetofauna in the region, highlighting the presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* as a substantial element that is leading to the extinction of many species of amphibians in Latin America.

Keywords: Neotropics, biodiversity, habitat fragmentation, *Batrachochytrium dendrobatidis*, Chytridiomycosis.

Forma sugerida de citar: Yáñez, P. y S. Estupiñan. 2016. **Actividades antropogénicas y la dinámica de la Quitridiomicosis como enfermedad infecciosa de anfibios neotropicales**. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 24(2):124-133. ISSN: 1390-3799.

1 Introducción

Un fragmento de ecosistema natural suele generarse a partir de una disrupción de origen natural o antrópico que afecta a un paisaje nativo, otrora continuo, y que como resultado logra cambiar o alterar su composición de especies, manteniendo solo algunos atributos que lo pueden identificar como un relicto o fragmento del sistema original.

Esta fragmentación del hábitat o ecosistema primigenio produce, por tanto, una discontinuidad de la matriz homogénea del paisaje que genera a su vez cierta heterogeneidad ecológica en el área (Murcia, 1995; Yáñez, 2013).

En el neotrópico, los ecosistemas originales costeros y andinos son los más amenazados ya que concentran a la vez la mayor cantidad de personas, quienes consciente o inconscientemente causan la desaparición de formaciones vegetales y paisajes nativos (Freile y Santander, 2005; Yáñez, 2014).

Dentro de este contexto, cabe mencionar que Ecuador es un país megabiobiodiverso con algo más

de 540 especies de anfibios y algunas más por descubrir (Ron, 2014). En la actualidad, se han realizado evaluaciones que estiman que un 32% de estas especies, distribuidas en varias altitudes, tienen un alto riesgo de extinción a nivel nacional (Coloma, 2006).

Batrachochytrium dendrobatidis es una especie de hongo que pertenece al grupo conocido como quitridios. Este grupo de hongos hasta hace unos años sólo infectaba a plantas, algas, protistas e invertebrados, pero hace unos años se descubrió que *B. dendrobatidis* es el único quitridio capaz de infectar vertebrados, particularmente anfibios (Lawrence, 2008). Esta especie de hongo se encuentra solamente en las partes queratinizadas del cuerpo de los anfibios, como la boca de los renacuajos (Figura 1) y toda la piel de los anfibios adultos (Figura 2). Se cree que específicamente se relaciona con la queratina que se encuentra en estas células ya que están muertas y se pueden invadir con mayor facilidad (Piotrowski *et al.*, 2004).



Figura 1. Boca de renacuajo. Las flechas indican zonas queratinizadas de donde se puede tomar una muestra para detección de *Batrachochytrium dendrobatidis* (Sierra Nature Notes, 2015).



Figura 2. Forma de tomar una muestra epidérmica en anfibios adultos para detección de *B. dendrobatidis* (Amphibiaweb.org, 2015).

Dentro de este contexto, generalmente se considera que el avance de la quitridiomicosis se exagera con los distintos tipos de intervención antrópica que ocurren en los bosques nativos, así como con el avance de actividades industriales y de expansión urbana, las cuales contribuyen al efecto invernadero contemporáneo (Yáñez *et al.*, 2011), el cual a su vez crea escenarios más favorables para el avance de patógenos que afectan mayormente a los anfibios (Wake y Vredenburg, 2008).

2 La quitridiomicosis y las actividades humanas

En las últimas décadas, los ecosistemas naturales se enfrentan a varios retos y dificultades cada vez más graves; algunos autores consideran que nos encontramos en una época que podría considerarse como la de la Sexta Extinción Masiva, debido al acelerado número de especies que estamos perdiendo. En 2007, en la Lista Roja de la UICN se encontraban 16306 especies de animales En Peligro, de las cuales 785 en la actualidad ya se consideran Extintas.

El grupo más afectado dentro de esta lista ha sido el de los anfibios (Wake, D. y V. Vredenburg, 2008).

Todavía una gran cantidad de especies de ranas, sapos, salamandras y cecilídeos se encuentran amenazados a lo largo de toda América Latina, especialmente en su región tropical. En la Figura 3 se puede observar cómo en las regiones más cercanas a la Línea Equinoccial, se encuentran aquellas con un mayor número de especies amenazadas.

El responsable del declive de anfibios en el mundo básicamente lo constituye un stress ecológico agudo que sufren estas especies, generado por varios factores naturales y antropogénicos a los que están expuestos y son conocidos técnicamente como "stressors". Una población en un ecosistema determinado puede convivir con un número razonable de "stressors" y mostrar cierto equilibrio, al menos de manera aparente; cuando se adicionan más factores o "stressors" que afectan de manera directa a los anfibios, sus rangos de tolerancia se ven afectados (Wind, 1999).

Cabe mencionar que los anfibios son el grupo más sensible de vertebrados frente a agentes tóxicos, no solamente por su piel extremadamente

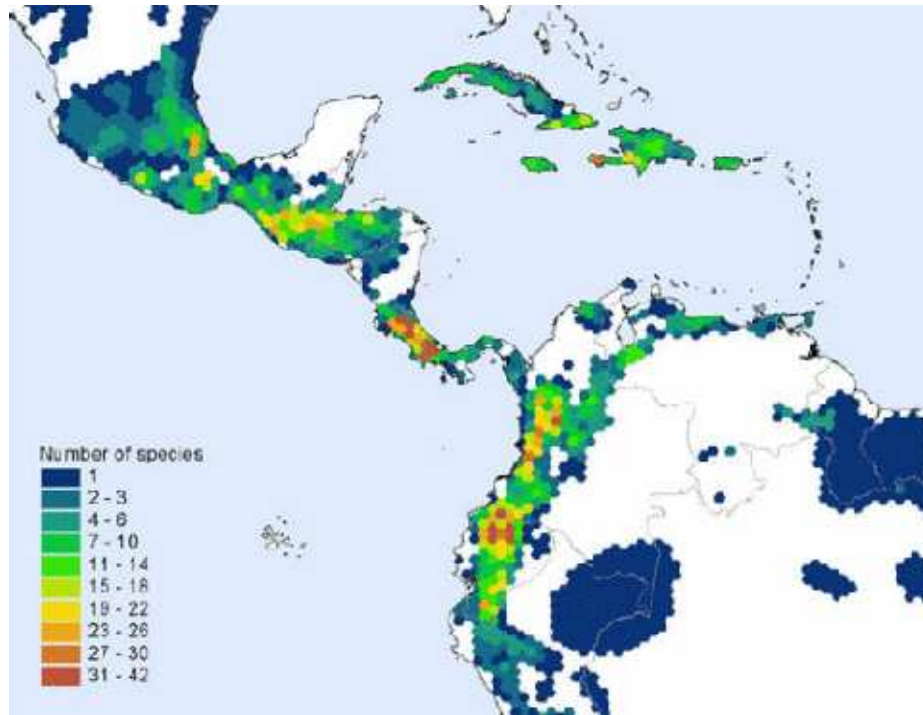


Figura 3. Número de especies de anfibios amenazadas en el neotrópico (Endangered Species International, 2015).

Net change in forest area by country, 2005–2010 (ha/year)

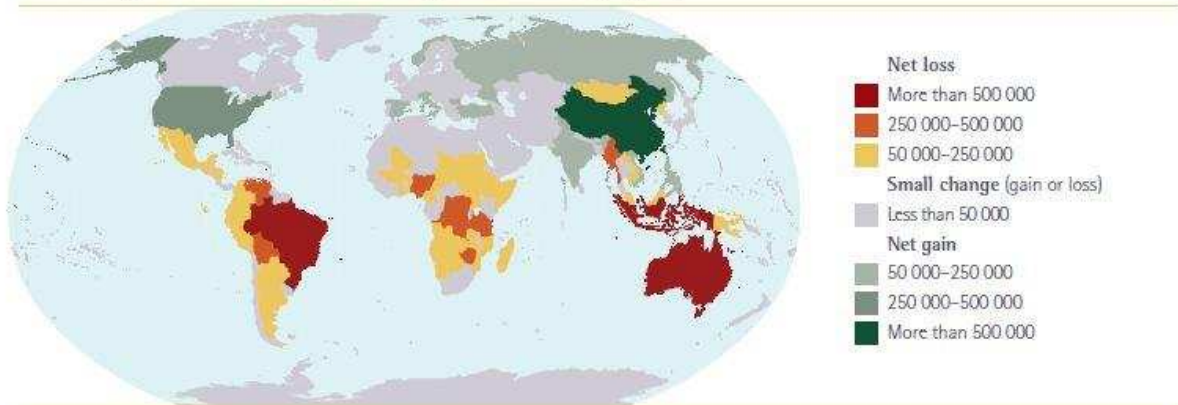


Figura 4. Cambios netos en el área forestal por país a 2012 en hectáreas/año (<http://geospatial.blogs.com>).

permeable (una de las razones más fuertes), sino también debido a que la mayoría de ellos tienen dos estadios de vida: la acuática y la terrestre. Esto hace que este grupo de animales se encuentre expuesto a los riesgos que hay en ambos hábitats prácticamente de manera simultánea (Quaranta *et al.*, 2009).

La sobreexplotación de los ecosistemas, la presencia de patógenos y la pérdida/modificación de hábitats generada por el cambio climático son las principales causas de la extinción de anfibios en el mundo (Quaranta *et al.*, 2009). Se ha propuesto que especies de anfibios más grandes que viven en un espacio geográficamente pequeño y están estrechamente relacionadas a la temperatura y precipitación locales tienen un mayor riesgo de extinguirse que otras especies relacionadas menos directamente con ambos factores (Sodhi *et al.*, 2008).

El factor que más afecta a este grupo biológico es indudablemente la deforestación y la pérdida de cobertura vegetal natural. La primera muestra cifras alarmantes a nivel mundial: el 80% de la cobertura original de bosques nativos ha sido transformada a terrenos para agricultura. Por ejemplo, la Amazonía, con una superficie original aproximada de 5 500 000 km², ha perdido el 15% de su superficie boscosa en los últimos 50 años por deforestación; solo Brasil pierde más de 500 000 ha de este bosque por año (Figura 4) que terminan siendo dedicadas a actividades ganaderas y agrícolas (World Preservation Foundation, 2010).

También los bosques interandinos han sido destruidos drásticamente, a tal punto que la cobertura original que queda es menor al 7%; estas cifras son alarmantes ya que si no se toman medidas serias de conservación, además de las ya tomadas por los gobiernos regionales, los remanentes de bosques seguirán desapareciendo, alterando por completo la composición del ecosistema y su dinámica (Freile y Santander, 2005). Estas alteraciones resultan en el cambio de bosques primarios hacia bosques secundarios o tierras para agricultura. Los cambios en la tierra reflejan la dinámica de la fragmentación, con la consecuente pérdida de hábitats adecuados para el ciclo de vida de los anfibios.

Esta fragmentación de bosques conduce al aislamiento a veces dramático de poblaciones de anfibios, lo cual contribuye a una baja del fitness (éxito) de sus poblaciones, conduciendo a algunas de ellas hacia una extinción inminente, principalmente debido a que los anfibios no son capaces de moverse a través de hábitats o migrar con facilidad, son más

susceptibles a la desecación y, por tanto, más vulnerables (Wind, 1999).

La pérdida de hábitats para anfibios, cuyo ciclo de vida se encuentra estrechamente relacionado al agua, ha forzado a algunos de estos animales a realizar migraciones peligrosas en busca de entornos seguros para sus fases de vida como renacuajos y como juveniles y adultos. Becker *et al.*, (2007), trabajando en el bosque Atlántico de Brasil, determinaron, por ejemplo, que la fragmentación de los bosques afecta negativamente de manera directa a las especies que tienen una etapa acuática en su ciclo de vida, mientras que las especies de anfibios que no tienen esta etapa no se ven afectadas. El agua al ser contaminada por químicos tóxicos y agentes patógenos así como la fragmentación del hábitat hacen que la perturbación de este elemento clave para los anfibios sea el que genere mayormente un declive de este grupo de animales (Wake y Vredenburg, 2008).

Batrachochytrium dendrobatidis es un hongo estrechamente relacionado con el agua. Debido a su alta patogenicidad, es el causante de un gran número de muertes de anfibios. Se empezó a observarlo con más detenimiento después de muertes masivas de anfibios en Australia y se descubrió hace algunos años incluso en ejemplares preservados de ranas de África (*Xenopus laevis*) (Piotrowski *et al.*, 2004).

Síntomas tales como postura anormal, letargo y la caída de la epidermis son comunes en animales infectados por este hongo. En casos más extremos se puede observar la presencia de úlceras, hemorragias y la congestión visceral de ciertos animales (Lawrence, 2008). Se conoce que *B. dendrobatidis* se alimenta de queratina, por lo que hay 3 hipótesis de como este hongo mata a los anfibios: se cree que impide la osmoregulación y la respiración cutánea de los animales, que excreta una toxina que se absorbe por medio de la piel del anfibio hospedero o una combinación de los dos (Daszak *et al.*, 1999).

Curiosamente, se ha observado que a mayor pérdida y/o perturbación antropogénica del hábitat original ocurre menor prevalencia e intensidad del hongo *B. dendrobatidis* en los anfibios que logran sobrevivir a tales perturbaciones (Becker y Zamudio, 2011; Murray *et al.*, 2011). Esta disminución en la probabilidad de infección se puede deber a la gran cantidad de contaminantes que se encuentran en estas áreas, ya que se ha comprobado que *B. dendrobatidis* es sensible a la contaminación ambiental (Mahony, 1993). Otra explicación posible para es-

te fenómeno (menor presencia del hongo en áreas intervenidas) podría deberse a que en tales áreas hay menor riqueza de especies hospederas del hongo; igualmente, los microclimas de áreas intervenidas no son necesariamente los más óptimos para el mantenimiento del patógeno *B. dendrobatidis* (Lawrence, 2008).

Una acción humana contraria radica en que al nosotros visitar y desplazarnos en áreas naturales coadyuvamos a la dispersión del hongo quitridio, ya que lo esparcimos al caminar por senderos y hábitats de los anfibios (Becker y Zamudio, 2011).

3 Conclusiones

Entre los anfibios y reptiles, se pueden encontrar indicadores de buena calidad del ambiente y de mala calidad, ya que en ambos grupos hay organismos que se adaptan o desaparecen cuando el ambiente cambia o es perturbado.

En los anfibios en particular, se podría caracterizar el grado de intervención de un ambiente analizando la presencia y dispersión de *Batrachochytrium dendrobatidis* en una área determinada.

El declive de los anfibios en Latinoamérica, y en general en todo el mundo, se debe a la fragmentación del hábitat, contaminación de fuentes de agua y pérdida de los ecosistemas en los que habitan estas especies (Izquierdo *et al.*, 2000). El hongo *B. dendrobatidis* constituye un elemento clave causante de pérdidas de grandes cantidades de anfibios, inclusive en lugares con poca o nula intervención humana, debido a los factores mencionados en la sección anterior.

La dinámica de este patógeno se encuentra estrechamente relacionada con las fuentes de agua donde a su vez se reproducen los anfibios, así como con el esparcimiento del mismo llevado a cabo generalmente por seres humanos. La correlación negativa entre la presencia de este patógeno y la pérdida de bosques, evidenciada en algunas investigaciones, debería ser estudiada más a fondo en más sitios de Latinoamérica, ya que no se ha determinado con total certeza que este patrón sea absolutamente recurrente.

4 Recomendaciones

Existen algunas acciones que se pueden realizar para contrarrestar la disminución de las poblaciones

de anfibios:

4.1 Protección de hábitats naturales

Las áreas naturales protegidas juegan un rol importante en la protección de especies; sin embargo, es poco lo que se puede hacer si el personal a cargo del control de extensas áreas en países neotropicales es limitado (Yáñez *et al.*, 2013; Yáñez, 2016), desconoce del tema o carece de recursos.

Salvo muy escasas excepciones, los planes de manejo que se desarrollan en las diferentes áreas protegidas en general no contemplan acciones efectivas para evitar la progresiva disminución de las poblaciones de anfibios. Debido a que el problema se está acelerando es necesario que se definan sitios dentro de cada área protegida, destinados exclusivamente para la protección de especies nativas de anfibios (Betancourt *et al.*, 2009; Valencia *et al.*, 2012).

Igualmente, cabe considerar también que actividades como el diseño, la creación y mantenimiento de corredores biológicos entre áreas protegidas pudiera contribuir a la conectividad espacial de los hábitats y ecosistemas en los que los anfibios se desarrollan y darles una oportunidad mayor de sobrevivencia.

4.2 Protección legal

El reglamento general para la protección de la diversidad biológica en el Ecuador todavía no contempla estatutos específicos para la protección de los anfibios y reptiles. Aquellas especies con categoría de amenaza según los criterios de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN, por sus siglas en inglés) incluyen en la evaluación a especies de Ecuador a un nivel regional, pero aún no se ha realizado una evaluación a un nivel local o nacional, la cual sin duda permitiría conocer con exactitud el real estado de conservación de las especies en nuestro país.

Según el Ministerio del Ambiente de Ecuador, la elaboración en consenso, de un documento sobre especies amenazadas en Ecuador, denominado Libro Rojo, inmediatamente adquiere un estatus legal y todas las especies que enfrenten riesgos en sus poblaciones deben ser protegidas. Sin embargo, el documento por sí solo no tiene mucha utilidad si no es acompañado por una guía de acciones concretas que permita a las autoridades de control identificar en forma rápida aquellas especies que se encuen-

tren amenazadas y las medidas específicas para protegerlas (Betancourt *et al.*, 2009; Valencia *et al.*, 2009).

4.3 Reproducción en cautiverio

En el país hay pocos sitios especializados en el manejo en cautiverio de anfibios y reptiles, y sus esfuerzos aunque son válidos aún son insuficientes para lograr éxitos en la reproducción de varias especies amenazadas. Los planes pilotos en este sentido son necesarios y requieren de mayor participación de organizaciones locales e internacionales con apoyo logístico y recursos económicos para mejorar las condiciones de manejo y utilizar las mejores herramientas posibles y la tecnología más adecuada.

4.4 Educación

La participación de todos es fundamental en la conservación de los anfibios. Los especialistas dedicados a su estudio deben dar a conocer la situación que enfrentan sus poblaciones a nivel local, en este sentido el trabajo con estudiantes de escuelas, colegios y universidades es fundamental. Por otra parte, los museos y otros centros de investigación y manejo de fauna silvestre pueden programar exposiciones itinerantes que ayuden al público a interactuar con estos animales y comprender mejor su rol en los ecosistemas (Betancourt *et al.*, 2009).

4.5 Investigación

Los estudios de campo en períodos cortos de tiempo si bien son útiles para conocer en forma preliminar las especies de anfibios que habitan en un determinado sitio, no nos permiten determinar aquellas que pueden estar disminuyendo en su densidad poblacional. En este sentido, los monitoreos a mediano y largo plazo permitirían determinar las especies con tendencia a la disminución poblacional. Adicionalmente, se requieren mayores esfuerzos en investigar la correcta identidad taxonómica de las especies afectadas, a través de técnicas como las propuestas por Altamirano-Benavides y Yáñez, (2016), así como las variables ambientales locales que afectan directamente a la supervivencia de estas especies (Valencia *et al.*, 2012).

Dentro de este contexto, se debe continuar observando el comportamiento y distribución de *B. dendrobatidis* en los distintos hábitats naturales y seminaturales neotropicales y determinar mejor tanto

las especies afectadas directamente como las especies hospedadoras no afectadas.

Particularmente, la determinación de la presencia de este hongo en los diferentes ecosistemas de Ecuador resulta de gran importancia, ya que esta información es escasa; al ser un país tropical y el tercero a nivel mundial en diversidad de anfibios, es vital conocer la verdadera magnitud del problema para generar soluciones viables que permitan detener el declive de este grupo de vertebrados.

5 Bibliografía

- Altamirano-Benavides, M. y P. Yáñez. 2016. El código de barras de ADN (barcoding): una herramienta para la investigación y conservación de la diversidad biológica en el Ecuador. **La Granja: Revista de Ciencias de la Vida**. 23(1):5-13.
- Amphibiaweb.org. 2015. <http://amphibiaweb.org/chytrid/swabspanish.html>. Fecha de consulta: 12/sep/2015.
- Becker, C. and K. Zamudio. 2011. Tropical amphibian populations experience higher disease risk in natural habitats. **PNAS**. 108(24):9893-9898.
- Becker, C., C. Fonseca, C. Baptista, R. Fernandes and P. Prado. 2007. Habitat Split and the Global Decline of Amphibians. **Science**. 318:1775-1777.
- Betancourt, R., J. Valencia, P. Yáñez, F. Arauz, M. Cueva, P. Farinango, L. Manitio y E. Ramos. 2009. Anfibios y Reptiles en ambientes cercanos a Borja, Papallacta y Nono. **Fundación Herpetológica Gustavo Orcés**. Quito-Ecuador.
- Coloma, L. 2006. Iniciativa Balsa de los Sapos: implementando un plan estratégico para la conservación de los anfibios ecuatorianos en riesgo de extinción - Resumen ejecutivo. **Pontificia Universidad Católica del Ecuador**. Quito-Ecuador.
- Daszak, P., L. Berger A. Cunningham and A. Hyatt. 1999. Emerging infectious disease and amphibian population declines. **Emerging Infectious Disease**. 5:735-748.

- Endangered Species International. 2015. <http://www.endangeredspeciesinternational.org>. Fecha de consulta: 09/09/2015
- Freile, J. y T. Santander. 2005. Áreas Prioritarias para la Conservación de Aves en Ecuador. **BirdLife International y Conservación Internacional**. Áreas Prioritarias para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. BirdLife. Quito-Ecuador. páginas 283-470.
- Geospatial Blogs. 2014. Pérdida anual de bosques nativos por país. <http://geospatial.blogs.com/.a/6a00d83476d35153ef015439106c90970c-800wi>. Fecha de consulta: 15/09/2015.
- Izquierdo, J., F. Nogales y A. P. Yáñez. 2000. Análisis herpetofaunístico de un bosque húmedo tropical en la Amazonía Ecuatoriana. **Ecotrópicos**. 13(1):29-42.
- Lawrence, D. 2008. *Batrachochytrium dendrobatidis*: Chytrid disease. **Oregon State University**. Oregon-USA.
- Mahony, M. 1993. Herpetology in Australia: A Diverse Discipline. **Royal Zoological Society of New Wales**. Australia. pages 257-264.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **TREE Reviews**. 10(2):58-62.
- Murray, K., R. Retallick, R. Puschendorf, L. Skerratt, D. Rosauer, H. McCallum, and J. Van Der Wal. 2011. Assessing spatial patterns of disease risk to biodiversity: implications for the management of the amphibian pathogen, *Batrachochytrium dendrobatidis*. **Journal of Applied Ecology**. 48(1):163-167.
- Piotrowski, J., S. Annis and J. Longcore. 2004. Physiology of *Batrachochytrium dendrobatidis*, a chytrid pathogen of amphibians. **Mycologia**. 96(1):9-15.
- Quaranta, A., V. Bellantuono, G. Casasano and C. Lippe. 2009. Why Amphibians Are More Sensitive than Mammals to Xenobiotics. **PLoS One**. 4(11):e7699. DOI:10.1371/journal.pone.0007699.
- Ron, S. 2014. Guía dinámica de campo: AmphibiaWebEcuador. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador.
- Sierra Nature Notes. 2015. The Online Journal of Natural History News in the Sierra Nevada. <http://www.sierranaturenotes.com/naturenotes/images/ChytridFungus.jpg>. Fecha de consulta: 04/sep/2015.
- Sodhi, N., D. Bickford, A. Diesmos, T. Lee and L. Koh. 2008. Measuring the meltdown: drivers of global amphibian extinction and decline. **PLoS ONE 3:e1636**.
- Valencia, J., R. Betancourt, P. Yáñez, O. Asanza, Y. Benalcázar, J. P. Hidalgo y J. Campaña. 2009. Anfibios y Reptiles en ambientes cercanos a Pedro Vicente Maldonado y Balao. Fundación Herpetológica Gustavo Orcés. Quito-Ecuador.
- Valencia, J., R. Betancourt y P. Yáñez. 2012. La problemática de la Disminución de las Poblaciones de Anfibios y Reptiles en Ecuador. **Qualitas**. 3:54-59.
- Wake, D. y V. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. **PNAS**. 105(1):11466-11473.
- Wind, E. 1999. Effects of Habitat Fragmentation on Amphibians: What Do We Know and Where Do We Go From Here? **Proceedings of the Conference on the Biology and Management of Species and Habitats at Risk 2**. pages 885-894.
- World Preservation Foundation. 2012. Deforestation Statistics. http://www.worldpreservationfoundation.org/blog/news/deforestation-statistics/#.VfgchhF_Oko. Fecha de consulta: 15/09/2015.
- Yáñez, P., M. Núñez, F. Carrera y C. Martínez. 2011. Posibles efectos del cambio climático global en zonas silvestres protegidas de la zona andina de Ecuador. **La Granja. Revista de Ciencias de la Vida**. 14(2):24-44.
- Yáñez, P. 2013. La pérdida de los bosques tropicales: algunos de sus efectos sobre la estabilidad de nuestro Planeta. **Qualitas**. 6:74-78.

- Yáñez, P., J. Benavides and C. Quizhpe. 2013. Multivariate characterization of the entities that make up the patrimony of natural areas of the Ecuadorian State: Phase I. **La Granja**. 18(2):5-32.
- Yáñez, P. 2014. Ecología y biodiversidad: un enfoque desde el neotrópico. **UNIBE/UIDE**. Quito-Ecuador. página 172.
- Yáñez, P. 2016. Las áreas naturales protegidas del Ecuador: características y problemática general. **Qualitas**. 11:41-55.