

Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

**EVALUACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LOS ANFIBIOS ANUROS CHILENOS
EN LAS ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS MEDIANTE ÍNDICES DE DIVERSIDAD
FILOGENÉTICA: VALORACIÓN DE SU HISTORIA EVOLUTIVA**

**Proyecto de Grado presentado como parte de los
requisitos para optar al grado de Magíster en
Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza**

CHRISTIAN ANDRÉS JOFRÉ PÉREZ

Profesor de Biología y Ciencias

Santiago - Chile

2009

Proyecto de Grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza.

Profesor(a) Guía

Nombre: Dr. Marco Méndez Torres

Nota:

Firma:

Profesor(a) Consejero(a)

Nombre: Dr. Pedro Cattán Ayala

Nota:

Firma:

Profesor(a) Consejero(a)

Nombre: Dr. Carlos Magni Díaz

Nota:

Firma:

*Dedico este trabajo a mi hermano Daniel,
como una muestra del inmenso cariño que
siento por él y por su constante apoyo
durante todos mis años de estudio.*

AGRADECIMIENTOS

Sin duda alguna que el desarrollo de esta investigación no hubiese sido fácil sin la ayuda brindada por muchas personas, las cuales en menor o mayor medida aportaron su gestión, ideas y certeros comentarios en diversas instancias de este trabajo. Expreso mis más sinceros agradecimientos a:

Marco Antonio Méndez, mi profesor guía en este estudio, que con su experiencia en el área de los anfibios chilenos aceptó mi propuesta investigativa y facilitó las dependencias del Laboratorio de Genética y Evolución de la Universidad de Chile para concentrarme en este quehacer y, en la actualidad, darme su amistad y confianza para desarrollar la línea de conservación biológica en dicha unidad académica. Junto a él, los estudiantes de postgrado del mencionado laboratorio me dieron su colaboración en los momentos requeridos. Particular reconocimiento a Claudio Correa por su apoyo en aspectos taxonómicos y filogenéticos.

No quiero dejar de agradecer la gentileza de las bibliotecarias del Museo Nacional de Historia Natural, señoras Isabel Donaire y Paola González, las cuales junto a David Font de la Val del Museo de Historia Natural de Valparaíso, pusieron a mi disposición las colecciones literarias de dichas instituciones. De igual forma, mi especial reconocimiento a Paulina Jiménez por su valiosa ayuda en la obtención de varios artículos científicos y a Philipp Ulmer (Eberhard-Karls-Universität Tübingen), que desde Alemania mantuvo una comunicación y apoyo realmente increíble al facilitarme varios trabajos inaccesibles.

Junto a ellos, muchos autores de todo el mundo compartieron sus trabajos conmigo y manifestaron interés en esta investigación. Alemania: Klaus Busse (Museum Alexander Koenig, Universität Bonn) y Heiko Werning (Editor de Reptilia); Argentina: Néstor Basso (Centro Nacional Patagónico), Esteban Lavilla (Instituto de Herpetología, Fundación Miguel Lillo) y Jorge Williams (Universidad Nacional de La Plata); Brasil: Camila Both (Universidade Federal de Rio Grande do Sul) y Mirco Solé (Universidade Estadual de Santa Cruz); Chile: Diana Cárdenas-Rojas, César Cuevas, Ramón Formas y Sonia Puga (Universidad Austral de Chile), Javiera Cisternas, Gabriel Lobos, Eduardo Soto y Alberto Veloso (Universidad de Chile), Helen Díaz-Páez, Héctor Ibarra-Vidal y Juan Carlos Ortiz (Universidad de Concepción); Japón: Tatsundo Fukuhara, Mitsuru Kuramoto y Seiji Yamasaki (Fukuoka University of Education); Venezuela:

José Antonio González (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas); USA: Martha Crump (Northern Arizona University) y Peter Meserve (Northern Illinois University).

Tampoco esta tesis hubiese sido posible sin el apoyo y constante estímulo de Horacio Bown, Coordinador del MASCN, quien más allá de la rigurosidad académica y gestión de procedimientos administrativos ofreció su desinteresada ayuda para el cumplimiento de esta meta en un ambiente de cordialidad y humanidad, lo cual se valora de manera muy especial. Por su parte, el Programa de Investigación Domeyko en Biodiversidad de la Universidad de Chile, Iniciativa Transversal 1, aportó los recursos necesarios para mis cotidianos viajes a Santiago.

Finalmente, es imposible no mencionar a mi familia que me apoyó y comprendió en forma constante durante mis reiteradas aflicciones en estos años del programa de postgrado.

A todos ustedes y a quienes que por un descuido olvidé...simplemente gracias.

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	viii
Resumen	ix
Summary	x
Introducción	1
Planteamiento del problema	3
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Justificación del estudio	5
Metodología	6
Resultados	10
Discusión	17
Conclusiones y recomendaciones	20
Literatura citada	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Representación de los anfibios anuros chilenos en relación a la superficie protegida de cada región administrativa del país _____	11
Fig. 2. Distribución de las especies de anfibios anuros en cada una de las regiones administrativas de Chile _____	11
Fig. 3. Distribución de especies de anfibios anuros por cada tipo de ASP en las regiones administrativas de Chile _____	12
Fig. 4. Presencia de las 21 especies de anfibios anuros chilenos amenazados (CR, EN o VU) según IUCN (2008) en las ASP _____	13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1. Diversidad de anfibios chilenos según Frost (2008), su estado de conservación y tendencia poblacional (IUCN 2008) _____	10
Tabla Nº 2. Cálculo del índice de singularidad filogenética o peso taxonómico W (Vane-Wright et al. 1991) según filogenia propuesta por Frost et al. (2006) modificada por Correa et al. (2008) para 44 familias _____	13
Tabla Nº 3. Cálculo del índice de singularidad filogenética o peso taxonómico W (Vane-Wright et al. 1991) según filogenia propuesta por Roelants et al. (2007) para 158 géneros _____	14
Tabla Nº 4. Cálculo del índice de singularidad filogenética o peso taxonómico W (Vane-Wright et al. 1991) según filogenia propuesta por Correa et al. (2006) para 80 especies _____	14
Tabla Nº 5. Comparación de los valores del índice de singularidad filogenética o peso taxonómico W (Vane-Wright et al. 1991) para especies según filogenias propuestas por Correa et al. (2006) y Frost et al. (2006) (532 especies) _____	15
Tabla Nº 6. Evaluación del índice de singularidad filogenética (W) y del índice de protección de singularidad filogenética (IPSF) a través de la filogenia propuesta por Correa et al. (2006) _____	16

RESUMEN

En este trabajo se aplicó un índice de diversidad filogenética para proponer una herramienta complementaria a la toma de decisiones asociada a la conservación de los anuros chilenos representados en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP). Para ello, se actualizaron los listados de especies de anuros en las ASP mediante revisión bibliográfica (448 trabajos), incluyendo los listados faunísticos de 80 Planes de Manejo de las ASP dependientes de la Corporación Nacional Forestal. Se generaron tres bases de datos para organizar: a) especies de anuros y su sinonimia (n=362 registros); b) presencia de anuros en las 95 ASP (n=394 registros); y c) 570 localidades de colecta (n=2631 registros). Estos puntos fueron georreferenciados y mapeados en ArcGIS 9.2 sobre una cobertura de Chile continental (datum WGS84 19J), estimando la superficie de distribución nacional (ha) de los anuros y comprobando su presencia en ASP. Se cuantificó la diversidad filogenética de las especies de anuros chilenos mediante el índice de singularidad filogenética (W), basado en una filogenia enraizada dependiente de la topología del cladograma y que considera de mayor prioridad para la conservación a los grupos hermanos más próximos a la raíz en el cladograma. Para ello, se ocuparon dos filogenias que explican, a la fecha, las relaciones ancestro-descendiente en 27 especies de batracios presentes en Chile. Finalmente, se compararon los valores obtenidos de W para estos anuros y su presencia en ASP, evaluando el rol protector de estos sitios con la preservación de especies de alto valor de W. Los resultados indican que la batracofauna nacional está formada por 59 especies, donde el 35,6% está en categoría de amenaza. Se observó una inadecuada relación entre la superficie protegida y el número de especies de anfibios por región administrativa y por ASP, destacándose que tres regiones del sur de Chile poseen escasa superficie de protección comparado con las especies de anuros que allí se distribuyen. Igual situación ocurre al analizar el estado de conservación de este grupo, en donde las especies catalogadas bajo amenaza tienen poca presencia en las ASP. Doce de las 21 especies amenazadas (57,1%) se encuentran sólo en una ASP y las especies con mayor valor de W, como la rana grande de Chile (*Calyptocephalella gayi*) no estarían bien representadas en las ASP, siendo muy escasa la superficie protegida con relación a la superficie de distribución nacional. Se reconoce incluso el gran valor de conservación de la historia evolutiva de este género cuyo origen se ha planteado en alrededor de 130 millones de años.

Palabras clave: Anura, Chile, diversidad filogenética, áreas protegidas, conservación.

SUMMARY

In this thesis a phylogenetic diversity index was applied in order put forward a complementary tool to management decisions associated to the conservation of the Chilean anurans represented in the Protected Areas (PA). Anurans species registers were updated in the PA by means of bibliographical revision (448 works), including the species list of 80 management plans of PA of the Forest National Corporation. Three databases were generated to organize: a) anurans species and their synonymy (n=362 records); b) anurans presence in the 95 PA (n=394 registrations); and c) 570 collection sampling sites (n=2631 records). These points were located on a covering of continental Chile using ArcGIS 9.2 (datum WGS84 19J). By using this information, we estimated the national distribution of each anuran species and checked their presence in PA. The phylogenetic diversity of the species was quantified by means of the index of phylogenetic singularity (W), based on a phylogeny and that it considers of the greatest or first priority for the conservation to the groups near to the root in the cladogram. In order to do that, we used two different phylogenies that consider the relationships ancestor-descendant in 27 species of living or existing batrachians in Chile. Finally, each W species values obtained was compared with their presence in PA, evaluating the protective role of these places with the preservation of species of high value of W . The results indicate that the national batracofauna is conformed by 59 species, where a 35,6% is in threat category. An inadequate relationship was observed between the protected surface and the number of species of amphibians by administrative region and for PA, standing out that three regions of the south of Chile have scarce protection surface in comparison with the anurans species that range in such places. Same situation happens when analyzing the state of conservation of this group where the species classified under as threated have little presence in the PA. Twelve of the 21 endangered species (57,1%) only are found in an PA and the species with a greater value of W , as *Calyptocephalella gayi*, are not adequately represented in the PA, being scarce the protected surface in relation with the surface of national distribution. It is even recognized the great value of conservation of the evolutionary history of this genus whose origin has thought about in around 130 million years.

Key words: Anura, Chile, phylogenetic diversity, protected areas, conservation.

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años se reconoce una pérdida irremediable de la biodiversidad, en donde los anfibios son uno de los grupos de organismos con mayores problemas de conservación a escala global por su rápida declinación poblacional y extinción (Stuart et al. 2004, Mendelson III et al. 2006). Según Alford & Richards (1999) entre las potenciales causas de esta situación se encuentran la disminución del ozono estratosférico que conlleva al aumento temporal de radiación ultravioleta, el cambio del clima y tiempo atmosférico, la depredación y competencia con especies invasoras, la modificación del hábitat, la contaminación y otros factores sinérgicos, así como las enfermedades infecciosas emergentes (Lips et al. 2006), factores que han promovido múltiples esfuerzos por organismos internacionales, tales como la Campaña Mundial del Arca de los Anfibios: 2008, el Año de las Ranas (<http://www.amphibianark.org/yearofthefrog.htm>) y The Global Amphibian Assessment (<http://www.globalamphibians.org/>).

Aunque las causas de la declinación poblacional de anfibios provoquen impactos en regiones específicas sus efectos e interrelaciones pueden expresarse en forma global (Hero & Morrison 2004) como también en el continente americano (Lips et al. 2003, 2005). En este sentido, los datos aportados por Young et al. (2004) indican que casi dos de cada cinco especies de anfibios en el Nuevo Mundo (1187 especies o 39%) están amenazadas de extinción, incluidas 337 especies clasificadas como En Peligro Crítico, o al borde de la extinción. Nueve especies se han extinguido en los últimos 100 años. Otras 117 especies están “posiblemente extintas”, es decir, no se tiene conocimiento de ninguna población existente pero no se han realizado las búsquedas extensivas necesarias para colocar estas especies en la categoría de Extintas. Muchas de estas disminuciones son recientes: desde aproximadamente 1980, cuatro especies se han extinguido y 109 especies han vuelto a ser posiblemente extintas.

En nuestro país, el más reciente estado de conservación de los anfibios fue realizado por Díaz-Páez & Ortiz (2003). Siguiendo una metodología cuantitativa estos autores detallan la existencia de 17 especies en categoría Fuera de Peligro, 11 especies como Insuficientemente Conocida, 12 especies como Rara, seis especies Vulnerable y cuatro especies en Peligro de Extinción.

En cuanto a la diversidad de estos vertebrados chilenos, Méndez & Correa (2006) y Ortiz & Díaz-Páez (2006) reconocen 56 especies de anfibios anuros pertenecientes a las familias

Bufoidea, Leptodactylidae y Rhinodermatidae, de las cuales 20 especies son compartidas con Argentina (33,8%), tres especies (5%) se comparten con Bolivia y cuatro con Perú (6,7%). Además, una característica importante de estas taxa es su endemismo ya que 34 especies de anuros (57,6%) se adscriben a esta categoría. A las especies de fauna nativa se agrega una especie introducida, el anuro *Xenopus laevis* de origen africano, y aunque ha sido detectado en algunos sistemas hídricos en el país no hay antecedentes que cuantifiquen un potencial impacto sobre la batrocfauna nacional (Cattan 2004).

Los avances en el conocimiento de la diversidad biológica de estos herpetozoos, obtenidos desde una perspectiva local, son solamente una parte del conocimiento que se tiene de estos grupos a escala regional y mundial, su origen y distribución geográfica. Uno de estos temas de recurrente necesidad de conocimiento y comprensión está asociado a su historia evolutiva, la cual se extiende a partir del Triásico (250-240 MA) para el orden Anura y desde el Jurásico (170-160 MA) para los Neobatrachia (Roelants et al. 2007), grupo del cual evolucionaron las familias presentes en Chile. Durante esta historia, los cambios climáticos, la orogénesis andina y sus consecuencias en la vegetación son factores determinantes que en correspondencia con las tendencias bioclimáticas, permitieron que los anfibios chilenos hayan alcanzado su mayor diversificación en los bosques húmedos del Sur. En su conjunto, la información que se va obteniendo apunta a explicar la biodiversidad de este grupo y sus aspectos críticos actuales.

Por las razones expuestas, en la actualidad los anfibios se encuentran dentro de los organismos de mayor atención en aspectos de conservación (Young et al. 2001, Moritz et al. 2005), lo que ha llevado a una seria preocupación mundial por la necesidad de determinar, a la brevedad posible, zonas o lugares donde concentrar esfuerzos que eviten el empobrecimiento paulatino de estas especies de animales a escala local o regional.

Como es tradicional y producto de urgentes exigencias, la biología de la conservación ha dado orientaciones para conservar y preservar rareza, riqueza, singularidad y los hábitats, ecosistemas y paisajes en los que estas características estén representadas óptimamente. No obstante, es preciso el considerar las diferencias biológicas y ecológicas entre las especies, lo que obliga a reconocer y cuantificar la singularidad histórico-evolutiva (filogenética) que determina el grado de diferencia taxonómica entre los organismos, coincidiendo con varios autores (Brooks & McLennan 1991, 1993, Faith 1992a, 1992b, Cadle & Greene 1993, Crozier 1997, Dimmick et al. 1999, Bininda-Emonds et al. 2000, Crandall et al. 2000, Faith et al. 2004)

en la necesidad de tomar en consideración los patrones y procesos históricos-evolutivos que permiten rescatar linajes y sus áreas de ocurrencia actual.

Algunos trabajos aparecidos en los últimos años dan cuenta de la propuesta teórica de un método de elección de áreas prioritarias mediante medidas de diversidad filogenética (Vane-Wright et al. 1991, Williams et al. 1991, 1993, 1994, Morrone & Crisci 1992, Williams & Humphries 1994, Humphries et al. 1995) y otros de aplicación de métodos biogeográficos a la conservación de la diversidad biológica (Morrone 1999, Contreras-Medina et al. 2001, Posadas et al. 2001, García-Barros et al. 2002, Álvarez & Morrone 2004, Roig-Juñent & Debandi 2004) analizando diferentes grupos taxonómicos y escalas geográficas.

Sin embargo, los principios de la biología sistemática no han sido integrados completamente a los fundamentos y práctica de la biología de la conservación (Dimmick et al. 1999), lo que se refleja en el dominio del estado de amenaza de muchas especies candidatas en la definición de prioridades para su protección (Redding & Mooers 2006), situación que no considera la marcada diferencia en la información genética compartida que contienen y que no se toma en cuenta (Crozier 1997).

Para que la biodiversidad pueda ser adecuadamente conservada y usada de modo sustentable se hace necesario evaluarla y desarrollar programas que incorporen nuevos criterios como son los procesos evolutivos (Crandall et al. 2000), los índices de diversidad genética (Crozier 1997) o las medidas de diversidad filogenética (Walker & Faith 1995, Faith 1996, Faith & Walker 1996, Dimmick et al. 1999, Bininda-Emonds et al. 2000, Posadas et al. 2001, Pérez-Losada et al. 2002, Roig-Juñent & Debandi 2004, Redding & Mooers 2006), permitiendo estas últimas priorizar áreas complementarias de conservación bajo una visión más holística e integradora. Para el caso de los anfibios, Parra et al. (2007) han manifestado la urgente necesidad de evaluar y preservar la diversidad filogenética en los clados de las especies más susceptibles de amenaza regional o local.

Planteamiento del problema

Como parte de las estrategias de conservación *in situ*, Chile cuenta con áreas decretadas y legisladas para su protección, llamadas Áreas Silvestres Protegidas o ASPs (Parques

Nacionales, Reservas Nacionales o Monumentos Naturales) dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado - SNASPE (www.conaf.cl).

Sin embargo, estas áreas no necesariamente cumplen con las características básicas para mantener poblaciones viables a largo plazo ya que, como frecuentemente ocurre, los criterios para determinar y establecer estas áreas en el pasado han sido conflictivos y en ocasiones oportunistas, tales como salvaguardar escenarios naturales o preservar especies particulares, realizándose sobre tierras con bajo potencial económico o alta capacidad para el turismo y la recreación pero no usualmente representan a un gran espectro de la biodiversidad (Pressey et al. 1993, Pressey 1994, Rodrigues et al. 1999, Margules & Pressey 2000, Scott et al. 2001). En este contexto, muchos análisis regionales expusieron que dichas reservas no son adecuadas para la protección de la biodiversidad (Pressey et al. 1996, Williams et al. 1996, Araújo 1999, Rodrigues et al. 1999, Wessels et al. 2000, Eeley et al. 2001, Fjeldså et al. 2004, O'Dea et al. 2006).

A pesar de que el conocimiento y análisis filogenético está jugando cada vez más un rol fundamental en conservación al apoyar la valoración de representatividad de la biodiversidad en áreas protegidas, se aprecia en nuestro país que no se han documentado trabajos que apliquen diversidad filogenética en la selección de áreas de conservación para los anfibios y sus especies en peligro.

Objetivo general

Aplicar índices de diversidad filogenética basados en topologías para proponer una herramienta complementaria a la toma de decisiones asociada a la conservación de los anfibios anuros chilenos representados en áreas silvestres de Chile.

Objetivos específicos

- Actualizar las especies de anfibios anuros nativos presentes en las Áreas Silvestres Protegidas de Chile mediante una revisión bibliográfica.
- Cuantificar la diversidad filogenética, mediante el índice de singularidad filogenética, de las especies de anfibios anuros chilenos mediante el uso de cladogramas.
- Proponer un índice de protección que relacione la singularidad filogenética con el área de

distribución y las áreas protegidas del país en donde se encuentren las especies de anuros.

- Determinar las Áreas Silvestres Protegidas de Chile en donde se encuentren presentes las especies de anuros con alto valor de singularidad filogenética.

Justificación del estudio

La sistemática se ha convertido en un área de gran importancia y de incuestionable vinculación entre la biología moderna y de la conservación (Dimmick et al. 1999) debido a que en diversos estudios la aplicación de cladogramas como mecanismo de deducción o comparación de hipótesis sobre la historia de diversos atributos, funciones, o de los procesos genéticos o evolutivos, ha resultado ser relevante como marco de referencia histórico para el estudio de la biodiversidad (De Luna et al. 2005). Bajo este panorama, resultaría interesante reconocer la existencia de áreas que alberguen a los grupos hermanos más próximos a la raíz en un clado de anfibios en Chile.

En cuanto a la metodología cladística a emplear para el reconocimiento de estos grupos hermanos, el método inicial de Vane-Wright et al. (1991), que modifica parcialmente la propuesta de Mickevich & Platnick (1989), es una herramienta simple y consiste en asignar un valor objetivo a la singularidad taxonómica o grado de independencia en la historia evolutiva de un taxon, dando como resultado que cuanto menor es el número de nodos (número de cladogénesis) y, por tanto, más primitivo es el taxon en una filogenia, mayor es su porcentaje de información (peso taxonómico o singularidad filogenética), ya que la proporción en la que contribuye a la diversidad total del cladograma (contenido de información) es superior, es decir, el método valora el peso taxonómico o porcentaje de singularidad taxonómica (información filogenética) total en cada región, con lo cual es más razonable tomar alguna decisión de conservación, más que sólo basarse en riqueza de especies únicamente, o el número de endemismos.

METODOLOGÍA

Obtención de datos distribucionales de los anuros chilenos

Sitios de observación o colecta de anuros, comentarios de nuevas localidades de presencia, rangos distribucionales y uso de ejemplares pertenecientes a colecciones zoológicas fueron extraídos de la literatura. Para ello, se consultaron 26 catálogos de revistas científicas nacionales publicados desde 1985 por M. Etcheverry en la Revista Chilena de Historia Natural. Se adicionaron nuevas revistas no tratadas y se actualizó y completó la búsqueda hasta el año 2009 inclusive. Las revistas consultadas fueron: Anales de la Universidad de Chile (1846-2005), Anales del Instituto de la Patagonia (1970-2008), Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (1968-2006), Archivos de Biología y Medicina Experimentales (1964-1991), Archivos de Investigación (1983-1985), Archivos de Medicina Veterinaria (1969-2009), Biológica (1944-1967), Boletín Chileno de Parasitología (1954-2001), Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (1927-2008), Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (1924-2008), Boletín del Jardín Zoológico de Concepción (1954), Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (1992), Gayana (1999-2009), Gayana Miscelánea (1971-2009), Investigaciones Zoológicas Chilenas (1950-1968), Medio Ambiente (1975-2009), Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (1956-2009), Noticiero de Biología (1993-2009), Parasitología al Día (1983-2001), Publicación del Museo de Concepción (1926), Publicación Especial de la Sociedad de Biología de Concepción (1974), Publicaciones del Instituto de la Patagonia (Serie Monografías), Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural (1963-2005), Revista Chilena de Historia Natural (1897-2009), Revista de Geografía de la Facultad de Filosofía de la Universidad de Chile (1949), Revista Naturaleza (1983), Revista Universitaria (1915-2009) y Zooiatría (1953-1969).

Además, se realizó una búsqueda de publicaciones extranjeras en las bases de datos Biological Abstracts (1926-2009), CAB Abstracts (1990-2009), ProQuest Biology Journals (1998-2009), ProQuest Science Journals (1986-2009), Web of Science (1900-2009) y Zoological Record (1864-2009), utilizando amplios términos de búsqueda (e.g., Amphibia, Anura, Chile). Para cada trabajo obtenido se hizo una revisión de la literatura citada que permitió registrar los artículos más antiguos y poco indexados. Los trabajos obtenidos fueron comparados con el listado de publicaciones de los herpetozoos chilenos desde 1781 hasta 2009 en el sitio web

<http://www.bio.puc.cl/auco/artic07/herpeto1.htm>, mantenido y actualizado por el biólogo Enrique Silva-Aranguiz.

Junto a lo anterior, la presencia de anuros en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) fue recopilada de los listados faunísticos de 80 Planes de Manejo de las 95 ASP dependientes de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y se usaron los datos aportados por Ortiz & Díaz-Páez (2006), Vidal (2008) y Vidal et al. (2009) como listados distribucionales más actualizados de los anuros chilenos.

Elaboración de bases de datos

Debido a que la taxonomía de los anfibios anuros está en constante flujo (Correa et al. 2008), los Planes de Manejo de cada ASP no contemplan la actual clasificación y nomenclatura de las especies chilenas (e.g., SAG 1970) ni consideran los cambios ocurridos en las categorías de conservación (Núñez et al. 1997, Díaz-Páez & Ortiz 2003, Díaz-Páez et al. 2008), reconociéndose un inadecuado conocimiento de la real riqueza de anuros en el SNASPE. Por estos motivos, se construyeron tres bases de datos que permitieron organizar antecedentes de: (i) taxonomía de anuros chilenos, siguiendo la clasificación propuesta por Frost (2009) para las especies presentes en el país; (ii) registros de presencia de anuros en el SNASPE, en donde se incluyó la información más actualizada de las ASP chilenas obtenidas de Rovira et al. (2008) y de los sitios web de CONAF (www.conaf.cl) y de World Database on Protected Areas (www.wdpa.org), utilizando como criterio unificador del estado de conservación lo indicado por IUCN (2008); y (iii) registros de localidades según la revisión bibliográfica (n=2631), las que se expresaron en coordenadas geográficas (latitud y longitud, grados decimales y UTM cuando fue posible) y cada topónimo fue corroborado en el Sistema Integrado de Información Territorial (<http://siit.bcn.cl/bcn2/toponimo/index.asp>).

Ordenamiento y manejo de datos en un SIG

Para cada especie se construyó un mapa con las localidades de registro georreferenciadas representadas mediante puntos (n=570) en el software ArcGIS 9.2 (ESRI 2006), utilizando como cobertura base un mapa con la organización regional administrativa de Chile (datum WGS84 19J).

Cada punto fue unido mediante líneas generando un polígono a partir del cual se calculó el área (ha) de distribución nacional de los anuros y se sobrepuso la capa del SNASPE, comprobando la presencia/ausencia de cada especie en las 95 ASP.

Medidas de diversidad filogenética basadas en nodos

Se usó el índice de singularidad filogenética o índice W (Vane-Wright et al. 1991), que se basa en una filogenia enraizada dependiente de la topología del cladograma y considera de mayor prioridad para la conservación a las especies que surgieron primero (Moreno et al. 2007), es decir, a los grupos hermanos más próximos a la raíz en el cladograma, los cuales contribuyen con mayor contenido de información a la diversidad total de dicha hipótesis filogenética. Su cálculo consistió en obtener cuatro valores en un cladograma (I , Q , W y P), los que se explican siguiendo a Posadas et al. (2001), Roig-Juñent & Debandi (2004) y Moreno et al. (2007):

- I : es el contenido de información filogenética de cada taxón, y corresponde al número de nodos que hay en la historia de ese taxón, cuya sumatoria es T ;
- Q : cocientes del total de información para el grupo (T) dividido por cada valor parcial de I ;
- W : peso estandarizado de cada taxón terminal y se obtiene al dividir cada valor parcial de Q entre el menor de dichos valores; y
- P : es la expresión en porcentaje de W , lo que se traduce como el porcentaje de aporte de cada taxón a la diversidad total en el cladograma.

Cladogramas para calcular el índice W a distintas escalas taxonómicas

Cuatro cladogramas de distintas jerarquías taxonómicas de Amphibia fueron utilizados para obtener los valores del índice W . Con la finalidad de priorizar linajes de Anura se utilizó el cladograma de la Fig. 66 de Frost et al. (2006) que representa un árbol filogenético simplificado de 54 Familias de Amphibia y la Fig. 1 de Roelants et al. (2007) que corresponde a una propuesta filogenética de Géneros de anfibios modernos. A nivel de Especie se utilizó el cladograma de la Fig. 2 de Correa et al. (2006) que propone una hipótesis filogenética de los anfibios chilenos y la Fig. 50 de Frost et al. (2006) para aquellas especies chilenas de anfibios no incluidas, lo que permitió contrastar la posible dependencia de las topologías y obtener el valor del índice W para 27 especies de anuros presentes en Chile.

Propuesta del índice de protección de la singularidad filogenética (IPSF)

Con la finalidad de estimar el grado de protección oficial de las especies de anuros con alto valor de singularidad filogenética, se propuso y calculó la siguiente expresión:

$$\text{IPSF} = \left[\frac{A}{B} \right] \times W$$

donde A: superficie potencial de su distribución nacional (ha); B: superficie del SNASPE en donde se encuentra la especie de anuro (ha); y W: singularidad filogenética.

Análisis de la singularidad filogenética y presencia de anfibios en las ASPs

Se procedió a comparar los valores obtenidos de singularidad filogenética para las especies de anuros chilenos y su presencia en el SNASPE, evaluando el rol protector de estos sitios con la preservación de especies de alto valor de índice W, proponiendo en los casos de ausencia en dichas ASP las recomendaciones necesarias para realizar la conservación de riqueza histórica-evolutiva de la batracofauna nacional.

RESULTADOS

La batracofauna nacional está formada por 5 familias (una endémica: *Calyptocephalellidae*) y 59 especies pertenecientes a 13 géneros (tres endémicos: *Calyptocephalella*, *Telmatobufo* y *Insuetophrynus*), con un 64,4% de endemismo y un 35,6% (21 especies) en categoría de amenaza (CR, EN o VU) según la IUCN (Tabla N° 1).

TABLA N° 1. Diversidad de anfibios chilenos según Frost (2009), su estado de conservación y tendencia poblacional (IUCN 2008). Se actualizan las especies mencionadas por Ortiz & Díaz-Páez (2006). CR: En Peligro Crítico; EN: En Peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazada; LC: Preocupación Menor; DD: Datos Insuficientes; NE: No Evaluada.

Familias y Géneros	Especies	Endémicas	(%)	Estatus IUCN 2008							
				CR	EN	VU	NT	LC	DD	NE	
Bufonidae											
<i>Nannophryne</i>	1	0	0,0	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Rhinella</i>	4	2	50,0	0	0	1	0	3	0	0	
Calyptocephalellidae											
<i>Calyptocephalella</i>	1	1	100,0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Telmatobufo</i>	3	3	100,0	1	1	1	0	0	0	0	
Ceratophryidae											
<i>Atelognathus</i>	3	2	66,7	0	0	0	1	0	2	0	
<i>Batrachyla</i>	4	1	25,0	0	0	0	0	3	1	0	
<i>Telmatobius</i>	10	8	80,0	2	0	2	0	0	6	0	
Cycloramphidae											
<i>Alsodes</i>	16	12	75,0	3	0	1	1	0	9	2	
<i>Eupsophus</i>	10	7	70,0	1	3	1	2	2	1	0	
<i>Hylorina</i>	1	0	0,0	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Insuetophrynus</i>	1	1	100,0	1	0	0	0	0	0	0	
<i>Rhinoderma</i>	2	1	50,0	1	0	1	0	0	0	0	
Leiuperidae											
<i>Pleurodema</i>	3	0	0,0	0	0	0	0	3	0	0	
Total	59	38	64,4	9	4	8	4	13	19	2	

Junto a lo anterior, para el 32,2% de las especies de anuros chilenos no se ha considerado una categoría de amenaza debido a la falta de antecedentes específicos para la toma de decisiones, mientras que el 3,4% de estos anfibios están sin evaluación.

Respecto de la representatividad de estos anuros en el SNASPE se detectó una inadecuada relación entre la superficie protegida regional y el número de especies protegidas de anfibios por región administrativa (Fig. 1), observándose un aumento en el número de especies de anuros desde la zona central hacia la X Región de Los Lagos mientras que la superficie regional protegida no supera en promedio el 4,52% en esas regiones. Considerando esta situación, se evidencia además que en todas las regiones administrativas el número de especies de anuros protegidos en las ASP es menor que el número esperado en base a su distribución latitudinal, inclusive las especies amenazadas comparten la misma tendencia descrita (Fig. 2).

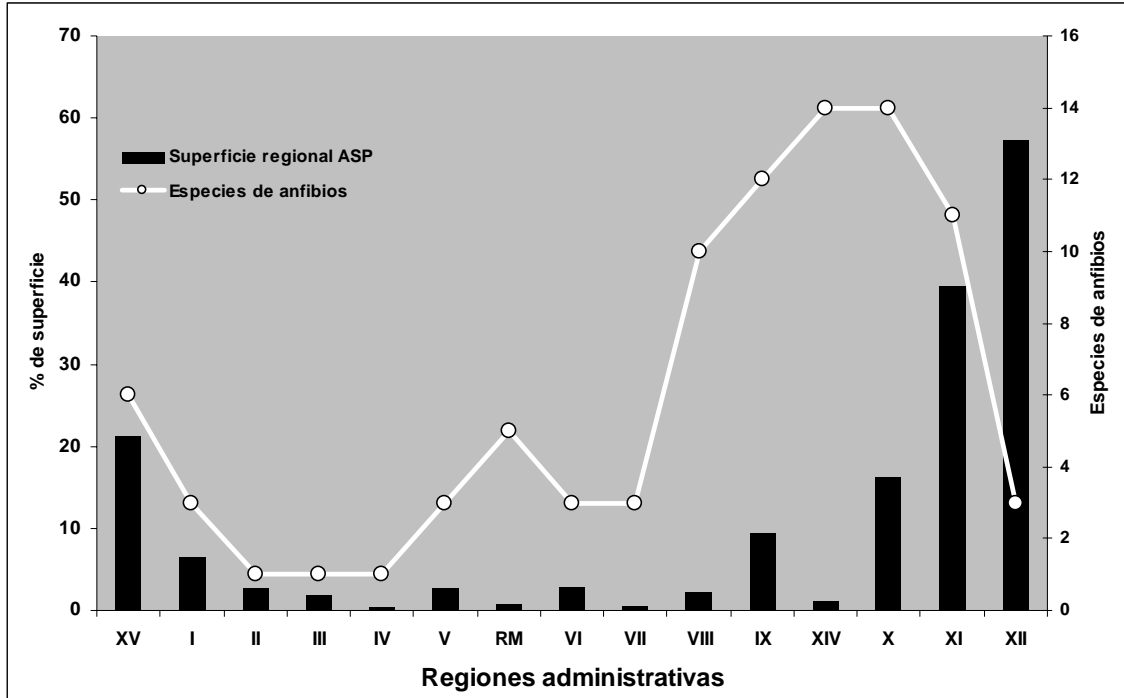


Fig. 1. Representación de los anfibios anuros chilenos en relación a la superficie protegida de cada región administrativa del país.

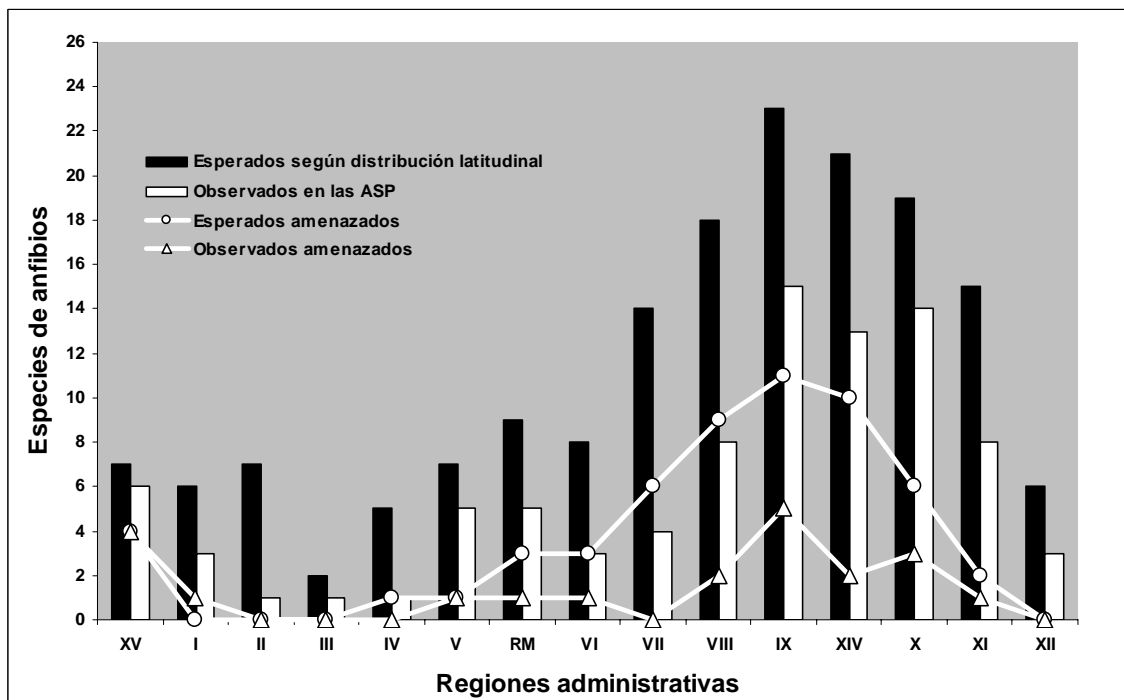


Fig. 2. Distribución de las especies de anfibios anuros en cada una de las regiones administrativas de Chile.

Los problemas de representatividad de la batracofauna nacional pueden ser más evidentes al examinar la distribución de estas especies según el tipo de ASP (parque nacional, reserva

nacional o monumento natural). Según la Fig. 3, en 10 de las 15 regiones administrativas de nuestro país (66,6%) los parques nacionales concentran el mayor número de especies de anuros, mientras que en cinco regiones (33,3%) las reservas nacionales acumulan más especies de batracios.

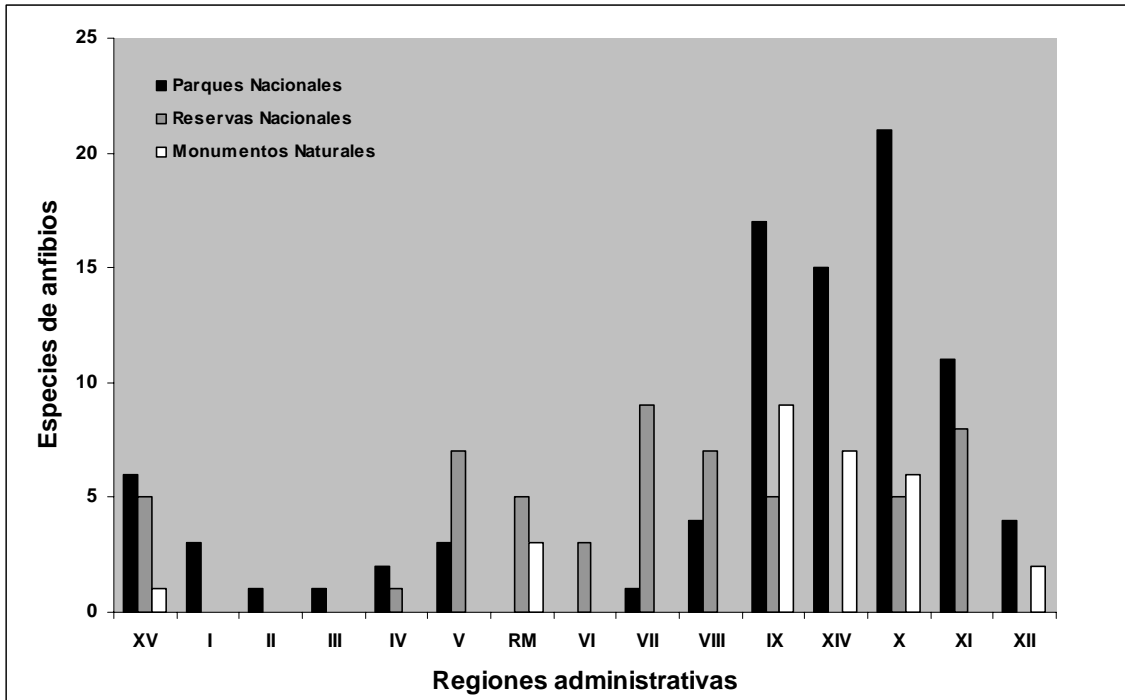


Fig. 3. Distribución de especies de anfibios anuros por cada tipo de ASP en las regiones administrativas de Chile.

La misma situación ocurre al analizar el estado de conservación de los anuros chilenos en ASP (Fig. 4), en donde las especies catalogadas bajo amenaza (CR, EN o VU) tienen poca presencia en estos sitios. De las 21 especies amenazadas, 12 (57,1%) se encuentran sólo en una ASP mientras que sólo dos especies (9,5%) están representadas en las tres figuras de protección del SNASPE. Junto a esto, sólo 12 de los 33 parques nacionales están protegiendo a los anuros chilenos amenazados.

Con relación a la evaluación de la singularidad filogenética a diferentes escalas taxonómicas de los batracios chilenos se destaca el alto valor de priorización para conservación de la familia Calyptocephalellidae, con cuatro especies presentes únicamente en Chile, por sobre las otras cuatro familias de anuros (Tabla 2).

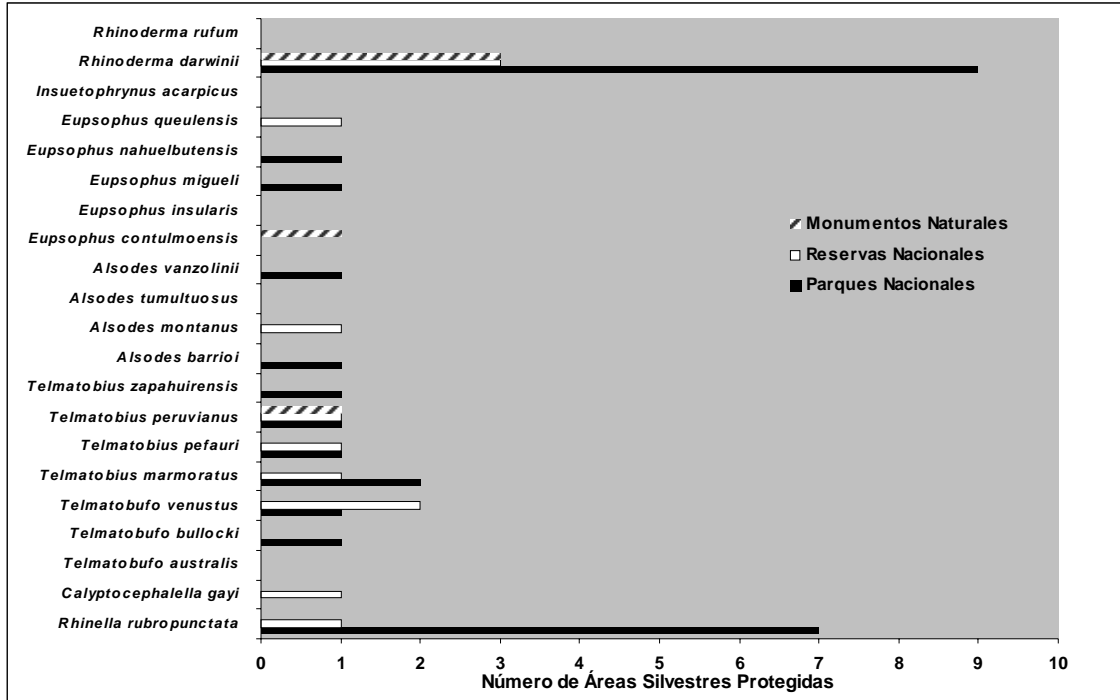


Fig. 4. Presencia de las 21 especies de anfibios anuros chilenos amenazados (CR, EN o VU) según IUCN (2008) en las ASP.

La misma evaluación efectuada a nivel de géneros de batracios chilenos arrojó el mayor valor de priorización para el género monoespecífico y endémico *Calyptocephalella*, así como para el género *Rhinoderma*, con dos especies, una endémica y otra nativa de los bosques sureños en Chile y Argentina (Tabla 3).

TABLA Nº 2. Cálculo del índice de singularidad filogenética o peso taxonómico W (Vane-Wright et al. 1991) según filogenia propuesta por Frost et al. (2006) modificada por Correa et al. (2008) para 44 familias. Sólo se muestran las familias presentes en Chile y su orden de priorización para conservación.

Familias	I	Q	W	P	Prioridad
Calyptocephalellidae	9	53,00	2,33	1,87	1º
Ceratophryidae	16	29,81	1,31	1,05	2º
Cycloramphidae	17	28,06	1,24	0,99	3º
Leiuperidae	18	26,50	1,17	0,94	4º
Bufonidae	19	25,11	1,11	0,89	5º

A nivel específico, la evaluación del índice W de singularidad filogenética muestra que las dos primeras prioridades de conservación deberían estar dirigidas a tres de las cuatro especies de la familia Calyptocephalellidae: *Calyptocephalella gayi*, *Telmatobufo venustus* y *T. bullocki*. Por otro lado, la especie *Rhinoderma darwinii* pasa a ocupar el 8º lugar de priorización para

conservación en esta escala de valores del índice W debido a la topología empleada para los cálculos de singularidad filogenética (Tabla 4).

TABLA Nº 3. Cálculo del índice de singularidad filogenética o peso taxonómico W (Vane-Wright et al. 1991) según filogenia propuesta por Roelants et al. (2007) para 158 géneros. Sólo se muestran los géneros presentes en Chile y su orden de priorización para conservación.

Géneros	I	Q	W	P	Prioridad
<i>Calyptocephalella</i>	10	197,60	2,10	0,66	1º
<i>Rhinoderma</i>	10	197,60	2,10	0,66	1º
<i>Telmatobius</i>	13	152,00	1,62	0,51	2º
<i>Batrachyla</i>	13	152,00	1,62	0,51	2º
<i>Pleurodema</i>	15	131,73	1,40	0,44	3º

TABLA Nº 4. Cálculo del índice de singularidad filogenética o peso taxonómico W (Vane-Wright et al. 1991) según filogenia propuesta por Correa et al. (2006) para 80 especies. Sólo se muestran las especies presentes en Chile y su orden de priorización para conservación.

Géneros	I	Q	W	P	Prioridad
<i>Calyptocephalella gayi</i>	8	132,88	2,63	1,54	1º
<i>Telmatobufo venustus</i>	9	118,11	2,33	1,37	2º
<i>Telmatobufo bullocki</i>	9	118,11	2,33	1,37	2º
<i>Atelognathus jeinimenensis</i>	12	88,58	1,75	1,03	3º
<i>Alsodes nodosus</i>	13	81,77	1,62	0,95	4º
<i>Batrachyla antartandica</i>	13	81,77	1,62	0,95	4º
<i>Eupsophus emiliopugini</i>	14	75,93	1,50	0,88	5º
<i>Batrachyla taeniata</i>	14	75,93	1,50	0,88	5º
<i>Eupsophus calcaratus</i>	15	70,87	1,40	0,82	6º
<i>Alsodes monticola</i>	15	70,87	1,40	0,82	6º
<i>Batrachyla leptopus</i>	15	70,87	1,40	0,82	6º
<i>Hylorina sylvatica</i>	15	70,87	1,40	0,82	6º
<i>Telmatobius vilamensis</i>	16	66,44	1,31	0,77	7º
<i>Eupsophus migueli</i>	16	66,44	1,31	0,77	7º
<i>Alsodes tumultuosus</i>	16	66,44	1,31	0,77	7º
<i>Rhinoderma darwini</i>	17	62,53	1,24	0,73	8º
<i>Insuetophrynus acarpicus</i>	17	62,53	1,24	0,73	8º
<i>Telmatobius marmoratus</i>	17	62,53	1,24	0,73	8º
<i>Telmatobius zapahuirensis</i>	17	62,53	1,24	0,73	8º
<i>Eupsophus queulensis</i>	17	62,53	1,24	0,73	8º
<i>Eupsophus roseus</i>	17	62,53	1,24	0,73	8º
<i>Alsodes barrioi</i>	17	62,53	1,24	0,73	8º
<i>Alsodes sp.</i>	17	62,53	1,24	0,73	8º
<i>Pleurodema thaul</i>	20	53,15	1,05	0,62	9º
<i>Pleurodema marmorata</i>	20	53,15	1,05	0,62	9º

Al comparar los valores obtenidos del índice W a nivel específico mediante la filogenia de Correa et al. (2006) para 80 especies con el aporte de Frost et al. (2006) para 532 especies (Tabla 5) se observa que *Calyptocephalella gayi* (índice $W_1=2,63$; índice $W_2=3,00$) y *Telmatobufo venustus* (índice $W_1=2,33$; índice $W_2=3,00$) ocupan los primeros lugares de priorización con valores de singularidad filogenética bastante homogéneos, lo que indica la robustez de las hipótesis filogenéticas empleadas por los autores.

TABLA N° 5. Comparación de los valores del índice de singularidad filogenética o peso taxonómico W (Vane-Wright et al. 1991) para especies según filogenias propuestas por Correa et al. (2006) y Frost et al. (2006) (532 especies). Se muestra el orden de priorización para conservación.

Géneros	Correa et al. (2006)		Frost et al. (2006)	
	W	Prioridad	W	Prioridad
<i>Calyptocephalella gayi</i>	2,63	1º	3,00	1º
<i>Telmatobufo venustus</i>	2,33	2º	3,00	1º
<i>Telmatobufo bullocki</i>	2,33	2º	-	-
<i>Atelognathus jeinimenensis</i>	1,75	3º	-	-
<i>Alsodes nodosus</i>	1,62	4º	-	-
<i>Batrachyla antartandica</i>	1,62	4º	-	-
<i>Eupsophus emiliopugini</i>	1,50	5º	-	-
<i>Batrachyla taeniata</i>	1,50	5º	-	-
<i>Eupsophus calcaratus</i>	1,40	6º	1,57	5º
<i>Alsodes monticola</i>	1,40	6º	-	-
<i>Batrachyla leptopus</i>	1,40	6º	1,80	2º
<i>Hylorina sylvatica</i>	1,40	6º	1,64	4º
<i>Telmatobius vilamensis</i>	1,31	7º	-	-
<i>Eupsophus migueli</i>	1,31	7º	-	-
<i>Alsodes tumultuosus</i>	1,31	7º	-	-
<i>Rhinoderma darwini</i>	1,24	8º	1,71	3º
<i>Insuetophrynus acarpicus</i>	1,24	8º	-	-
<i>Telmatobius marmoratus</i>	1,24	8º	-	-
<i>Telmatobius zapahuirensis</i>	1,24	8º	-	-
<i>Eupsophus queulensis</i>	1,24	8º	-	-
<i>Eupsophus roseus</i>	1,24	8º	-	-
<i>Alsodes barrioi</i>	1,24	8º	-	-
<i>Alsodes sp.</i>	1,24	8º	-	-
<i>Pleurodema thaul</i>	1,05	9º	-	-
<i>Pleurodema marmorata</i>	1,05	9º	-	-
<i>Rhinella cf. arunco</i>	-	-	1,13	6º
<i>Rhinella spinulosa</i>	-	-	1,06	7º

Finalmente, el índice W de singularidad filogenética se ha corregido por la razón entre la superficie potencial de distribución nacional de la especie y su superficie protegida, ambas expresadas en hectáreas, obteniendo un índice de protección de singularidad filogenética (IPSF) que prioriza para conservación a aquellas especies con alto valor del índice W (derivadas de linajes antiguos) y con inadecuada protección en el SNASPE.

Se observa en la Tabla 6 que la priorización que hace el IPSF depende fuertemente de la razón entre la superficie potencial de distribución nacional y la superficie protegida más que del valor del índice W. Es decir, superficies de distribución nacional bien representadas en el SNASPE relegan a menor priorización para conservación a las especies con alto o bajo valor del índice W (e.g., *Telmatobufo venustus* se prioriza en la posición 16º, siendo su valor del índice W=2,3 y el SNASPE protege el 67,93% de su superficie de distribución nacional). También ocurre lo inverso, en que superficies de distribución nacional inapropiadamente representadas (protegidas) priorizan en mejor posición a las especies con alto o bajo valor del índice W (e.g., *Calyptocephalella gayi* se prioriza en la posición 2º, siendo su valor del índice W=2,6 y el SNASPE protege el 0,01% de su superficie de distribución nacional).

TABLA N° 6. Evaluación del índice de singularidad filogenética (W) y del índice de protección de singularidad filogenética (IPSF) a través de la filogenia propuesta por Correa et al. (2006). Los datos están ordenados por prioridad para conservación según el IPSF. PN: Parque Nacional; RN: Reserva Nacional; MN: Monumento Natural.

Especies	Presencia en Áreas Silvestres Protegidas				Total	Sup. protegida (ha)	Sup. potencial (ha)	IPSF	Prioridad	IUCN 2008
	W	PN	RN	MN						
<i>Eupsophus emiliopugini</i>	1,5	0	0	0	0	0,00	2.203.657,73	3305486,60	1º	LC
<i>Calypsocephalella gayi</i>	2,6	0	1	0	1	520,00	9.008.287,10	45473,69	2º	VU
<i>Insuetophrynus acarpicus</i>	1,2	0	0	0	0	0,00	30.509,81	37832,17	3º	CR
<i>Telmatobius vilamensis</i>	1,3	0	0	0	0	0,00	6.820,04	8934,26	4º	DD
<i>Alsodes tumultuosus</i>	1,3	0	0	0	0	0,00	4.672,89	6121,49	5º	CR
<i>Telmatobius zapahuirensis</i>	1,2	1	0	0	1	0,00	1.568,44	1944,86	6º	EN
<i>Telmatobufo bullocki</i>	2,3	1	0	0	1	6.832,00	585.820,23	199,76	7º	CR
<i>Batrachyla taeniata</i>	1,5	5	2	1	8	519.599,00	17.442.814,91	50,35	8º	LC
<i>Eupsophus calcaratus</i>	1,4	3	0	0	3	409.012,00	12.238.033,70	41,89	9º	LC
<i>Batrachyla antartandica</i>	1,6	3	0	0	3	403.837,00	10.221.140,08	41,00	10º	LC
<i>Batrachyla leptopus</i>	1,4	4	1	2	7	634.252,00	7.436.930,66	16,42	11º	LC
<i>Alsodes barroi</i>	1,2	1	0	0	1	6.832,00	81.439,80	14,78	12º	VU
<i>Pleurodema thaul</i>	1,1	11	3	3	17	2.570.118,00	23.442.104,96	9,58	13º	LC
<i>Hylorina sylvatica</i>	1,4	7	0	1	8	2.269.709,00	9.826.103,87	6,06	14º	LC
<i>Rhinoderma darwini</i>	1,2	9	3	3	15	2.348.692,00	11.258.025,28	5,94	15º	VU
<i>Telmatobufo venustus</i>	2,3	1	2	0	3	21.016,00	30.937,80	3,43	16º	EN
<i>Alsodes nodosus</i>	1,6	3	2	0	5	1.833.180,00	3.412.411,64	3,02	17º	NT
<i>Eupsophus roseus</i>	1,2	3	1	3	7	1.850.738,00	3.137.660,76	2,10	18º	NT
<i>Atelognathus jeinimenensis</i>	1,8	0	1	0	1	161.100,00	161.100,00	1,75	19º	NT
<i>Eupsophus queulensis</i>	1,2	0	1	0	1	147,00	147,00	1,23	20º	VU
<i>Eupsophus migueli</i>	1,3	0	0	0	0	43.057,00	33.973,76	1,03	21º	EN
<i>Pleurodema marmorata</i>	1,1	2	1	0	3	521.758,00	271.486,69	0,55	22º	LC
<i>Alsodes monticola</i>	1,4	3	0	0	3	2.102.780,00	553.207,50	0,37	23º	DD
<i>Telmatobius marmoratus</i>	1,2	2	1	0	3	521.758,00	28.270,38	0,07	24º	VU

DISCUSIÓN

La herpetofauna de Chile presenta una menor diversidad que las zonas tropicales y subtropicales de Sudamérica (Duellman 1979). Sin embargo, dados los elementos climáticos particulares que ocurren según la latitud y la diversa topografía, nuestro país históricamente experimentó un pronunciado aislamiento geográfico comparado con otras faunas del continente dando lugar a singularidades taxonómicas y a un alto grado de endemismo (Veloso et al. 1995), donde los anfibios tienen el mayor nivel dentro de los vertebrados chilenos (Spotorno 1995).

Se detectó que las 59 especies de anuros chilenos actuales presentan una desigual distribución, concentrándose la mayoría de las especies en el rango centro-sur a nivel nacional. Específicamente, la mayor riqueza de especies endémicas se distribuye en los bosques templados de la zona valdiviana, lo que concuerda con los trabajos de Formas (1979) y Díaz-Páez et al. (2008), siendo las especies *Insuetophrynus acarpicus*, *Eupsophus vertebrales*, *Eupsophus migueli* y *Telmatobufo venustus* exclusivas de dicha zona.

Por otro lado, la riqueza de especies de anfibios anuros en nuestro país podría aumentar considerando que en los últimos años se han determinado 15 nuevas especies (Díaz-Páez et al. 2008). Junto a esto, la falta de una adecuada prospección al territorio nacional, situación detectada en el mapeo de localidades que arrojó en algunos casos un muestreo histórico intensivo sólo en ciertos sitios para algunas especies (e.g., Mehuín en Valdivia, con 65 registros de colecta para 13 especies de anuros) y sobre todo en algunas áreas prácticamente desconocidas en cuanto a muestreos de batracofauna, incrementarían la diversidad de anuros en Chile, al menos en la detección de poblaciones genéticamente diversas separadas latitudinalmente.

De acuerdo a los estados de conservación entregados por la IUCN (2008), Chile posee 13 especies catalogadas en Preocupación Menor, 4 Casi Amenazada, 8 Vulnerable, 4 En Peligro, 9 En Peligro Crítico y 19 Datos Insuficientes. Dado lo anterior, se reconoce hoy en día una escasa información disponible y bien fundamentada acerca de los rangos de distribución y límites geográficos de la batracofauna chilena, realidad que Formas (1995) y Méndez & Correa (2006) plantearon la necesidad de la realización de más investigaciones asociadas a este tema.

Con respecto a las áreas protegidas y de acuerdo con Rodrigues et al. (2004), éstas son aún la mejor opción para salvaguardar las especies ya que la conservación *in situ* en ecosistemas naturales se reconoce como fundamental para mantener la diversidad biológica. Sin embargo, Young et al. (2004) indican que las áreas protegidas estatales y privadas del hemisferio occidental proveen protección a sólo un tercio de las especies amenazadas y, como agravante, el manejo de ciertas áreas protegidas no es eficaz para detener la pérdida del hábitat. En Chile, si bien existen áreas destinadas a proteger el patrimonio natural desde principios del siglo XX, tales como los Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales (Rovira et al. 2008) bajo el subsistema público en el ámbito terrestre (administrado por la Corporación Nacional Forestal, CONAF), se detectan falencias legislativas para asegurar la protección de dichas áreas y los organismos que de ella dependen, sobretodo asociados a cursos de agua, quebradas o zonas húmedales que son el hábitat bioecológico de los anfibios. Se concuerda con Ortega-Huerta & Peterson (2004) en la importancia de determinar los patrones espaciales de la diversidad biológica para los objetivos de conservación de las especies, y esta información tiene mayor relevancia cuando se evalúa en conjunto con la distribución de las áreas protegidas existentes y los ecosistemas no perturbados. En este trabajo se determinó que sólo 23 parques nacionales (69,7%), 17 reservas nacionales (36,1%) y 7 monumentos naturales (46,7%) de las 95 ASP (49,4%) estarían protegiendo anuros en Chile.

Con relación a la aplicación del método del índice de singularidad filogenética (W) de Vane-Wright et al. (1991), que ha sido ocupado en varias propuestas internacionales de conservación, lo que demuestra el interés por conciliar estudios de filogenias y protección de la biota, en nuestro país no ha sido empleado para la priorización de conservación de vertebrados. Sólo tres trabajos proponen la protección de algunos grupos faunísticos empleando como modelo invertebrados a un nivel sudamericano (Posadas et al. 2001), crustáceos del género *Aegla* en la protección de sistemas acuáticos chilenos (Pérez-Losada et al. 2002) y coleópteros a escala de América del Sur austral (Roig-Juñent & Debandi 2004).

Aunque May (1990) propuso una modificación al método de Vane-Wright et al. (1991) en el cálculo de I y W, debido a que taxa con un rango equivalente de nodos en dos topologías diferentes pueden generar un mismo valor de W (peso estandarizado de cada taxón) ya que no se consideran situaciones de politomía, lo que hace a este otro método más ventajoso para cladogramas parcialmente resueltos aunque ambos operan en forma equivalente cuando se ocupan cladogramas resueltos, se comprobó en todos los cálculos del índice W que los

resultados son concordantes en ambos métodos dada la nula politomía de las filogenias empleadas para obtener el valor de W.

Las especies con mayor valor de W obtenidas en este trabajo, como la rana grande de Chile (*Calyptocephalella gayi*) y los sapos del género *Telmatobufo* no estarían bien representados en las ASP, siendo muy escasa la superficie protegida con relación a la superficie de distribución nacional. Se reconoce incluso el valor de conservación de la historia evolutiva del género *Calyptocephalella* cuyo origen se ha planteado en alrededor de 130 millones de años (Roelants et al. 2007) y es un anuro con amplia distribución nacional pero escasamente protegido en el SNASPE.

En este sentido, el programa internacional EDGE (<http://www.edgeofexistence.org/>) plantea la posibilidad de conservar especies amenazadas dando prioridad a una cantidad significativa de historia evolutiva única. Para ello, el cálculo de dicho valor EDGE se obtiene entre el producto de la historia evolutiva (diversidad filogenética) por el estatus de conservación según IUCN. Para Chile, sólo siete especies tienen un valor EDGE (Tabla 7). Sin embargo, la propuesta en este trabajo del índice IPSF es más idónea a la necesidad nacional de priorización ya que corrige la singularidad filogenética por la real superficie protegida en el país para las especies.

TABLA Nº 7. Comparación de los valores de priorización IPSF (este trabajo) y EDGE (programa internacional) para siete especies de anuros chilenos.

Géneros	Sup. protegida	Sup. potencial	IPSF	Orden	EDGE	Orden
<i>Calyptocephalella gayi</i>	520,00	9.008.287,10	45473,69	2º	5,46	7º
<i>Insuetophrynus acarpicus</i>	0,00	30.509,81	37832,17	3º	6,31	2º
<i>Telmatobius zapahuirensis</i>	0,00	1.568,44	1944,86	6º	5,31	8º
<i>Telmatobufo bullocki</i>	6.832,00	585.820,23	199,76	7º	6,66	1º
<i>Rhinoderma darwinii</i>	2.348.692,00	11.258.025,28	5,94	15º	4,43	12º
<i>Telmatobufo venustus</i>	21.016,00	30.937,80	3,43	16º	6,06	3º
<i>Telmatobius marmoratus</i>	521.758,00	28.270,38	0,07	24º	3,93	14º

En consecuencia, dos situaciones de priorización de conservación (alta o baja) pueden darse según la superficie de distribución representada de los anuros:

- a) W (alto o bajo) y superficie de protección escasa = prioridad de conservación alta;
- b) W (alto o bajo) y superficie de protección alta = prioridad baja.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1) Con relación a la diversidad de anfibios chilenos y su protección a escala regional, se detectó que existe una inadecuada relación entre la superficie protegida y el número de especies de anfibios por región administrativa y por ASP.
- 2) En cuanto a la distribución de las especies chilenas de anuros, se observó que algunas especies de batracios de amplia distribución nacional no necesariamente están bien representadas en el SNASPE, destacando la baja representatividad de grupos biológicos que poseen las ASP en su conjunto.
- 3) Las especies de anuros de Chile con mayor valor del índice W de singularidad filogenética no están bien representadas en las ASP, siendo muy escasa la superficie protegida en la que se encuentran con relación a la superficie de distribución nacional.
- 4) En el plano de la protección de la historia evolutiva de los anfibios de Chile, considerando el alto grado de endemismo de este grupo y la historia biogeológica asociada al territorio nacional, se observó un alto valor de conservación de algunos géneros y especies de anuros cuyo origen se ha planteado en Gondwana, siendo en consecuencia esta característica un criterio muy robusto que debería ser considerado en los futuros Planes de Manejo y priorización de conservación de especies.

Recomendaciones

Con la finalidad de promover la conservación de linajes (familias) y especies ancestrales de anuros en Chile, se plantean en los casos de ausencia en dichas Unidades de Protección las siguientes recomendaciones para la conservación de la batracofauna chilena necesarias para la preservación de su riqueza histórica y evolutiva, como complemento al Plan Internacional de Acción de Conservación de Anfibios propuesto por la IUCN:

- a) Aplicación de un nuevo criterio de conservación de especies en Chile. Tradicionalmente, 15 han sido los criterios para categorizar los Estados de Conservación de las especies

con los cuales se desarrollan las políticas de protección, a saber: distribución geográfica, número de poblaciones, tamaño poblacional, singularidad taxonómica, tendencia del hábitat, tendencia poblacional, especialización trófica, especialización en el uso del hábitat, potencial reproductivo, tamaño corporal, capacidad de dispersión/grado de movilidad, presión extractiva, intervención antrópica, singularidad de rasgos y grado de protección. Junto a este último criterio se debería instaurar la singularidad filogenética (W) para articular el índice IPSF propuesto en este trabajo.

- b) Evaluar la categoría de manejo y el control efectivo de un área de protección con respecto a los estados de conservación de las especies que allí se encuentran. Se detectó que sólo 12 especies de anuros chilenos amenazados cuentan con protección en al menos un parque nacional, mientras que nueve de estas especies estarían albergadas en una reserva nacional. Esta situación empeora al examinar que muchas especies están sin protección en el SNASPE. Además, actualmente según la Ley de Bases del Medio Ambiente en los parques nacionales se pueden realizar proyectos de tipo energético (e.g, centrales hidroeléctricas de paso) provocando alteración y modificación de cursos de agua natural que podrían afectar a ciertas especies de anfibios.
- c) Necesidad de actualización de Planes de Manejo de las ASP. Se reconoce que sólo 80 de las 95 ASP cuentan con Plan de Manejo, mientras que las 15 restantes estarían posiblemente con nulo control y déficit en sus límites precisos, tornando difusas las competencias y responsabilidades sobre el área. Sólo 11 ASP actualizaron sus Planes de Manejo al año 2008. En términos de listados faunísticos, se requiere que todos los Planes de Manejo incorporen las modificaciones a la nomenclatura científica actual de las especies presentes en sus límites y, a su vez, se desarrollen monitoreos y prospecciones en sus terrenos ya que no se cuenta con la totalidad de las especies descritas para esas áreas.
- d) Articular un sistema integrado de ASP que actúen como redes de protección y continuidad de procesos bioecológicos y evolutivos, a escala nacional y con países limítrofes. Algunas especies de anuros, más allá de su estado de conservación, están presentes en zonas limítrofes o totalmente compartidas con países vecinos, de tal modo que el establecer parques de protección internacional permita proteger a especies no estudiadas o con restringida distribución y que se favorezca la conectividad de las poblaciones de anfibios.

- e) Mejorar la regulación de permisos a proyectos de inversión en ASP, así como actividades económicas (e.g, instalaciones de cultivos de peces) y fiscalización de tráfico, crianza o explotación de anuros como recursos.

LITERATURA CITADA

- ALFORD RA & SJ RICHARDS (1999) Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 133-165.
- ÁLVAREZ E & JJ MORRONE (2004) Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *Interciencia* 29(3): 112-120.
- ARAÚJO MB (1999) Distribution patterns of biodiversity and the design of a representative reserve network in Portugal. *Diversity and Distributions* 5(4): 151-163.
- BININDA-EMONDS ORP, DP VÁZQUEZ & LL MANNE (2000) The calculus of biodiversity: integrating phylogeny and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 15(3): 92-94.
- BROOKS DR & DA MCLENNAN (1991) *Phylogeny, ecology, and behaviour. A research program in comparative biology.* University of Chicago Press, Chicago, USA. 434 pp.
- BROOKS DR & DA MCLENNAN (1993) Historical ecology: examining phylogenetic components of community evolution. En: Ricklefs RE & D Schluter (eds) *Species diversity in ecological communities. Historical and geographical perspectives:* 267-280. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- CADDLE JE & HW GREENE (1993) Phylogenetic patterns, biogeography, and the ecological structure of Neotropical snake assemblages. En: Ricklefs RE & D Schluter (eds) *Species diversity in ecological communities. Historical and geographical perspectives:* 281-293. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- CATTAN PE (2004) Consecuencias ecológicas de la introducción de especies: el caso de *Xenopus laevis* en Chile. En: Solís R, G Lobos & A Iriarte (eds) *Antecedentes sobre la biología de Xenopus laevis y su introducción en Chile:* 67-72. Universidad de Chile y Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, Chile.

- CONTRERAS-MEDINA R, JJ MORRONE & I LUNA (2001) Biogeographic methods identify gymnosperm biodiversity hotspots. *Naturwissenschaften* 88(10): 427-430.
- CORREA C, A VELOSO, P ITURRA & MA MÉNDEZ (2006) Phylogenetic relationships of Chilean leptodactylids: a molecular approach based on mitochondrial genes 12S and 16S. *Revista Chilena de Historia Natural* 79(4): 435-450.
- CORREA CC, JJ NÚÑEZ & MA MÉNDEZ (2008) Hipótesis filogenéticas de anfibios. En: Vidal MA & A Labra (eds) *Herpetología de Chile*: 107-135. Science Verlag, Santiago, Chile.
- CRANDALL KA, ORP BININDA-EMONDS, G M MACE & RK WAYNE (2000) Considering evolutionary processes in conservation biology. *Trends in Ecology and Evolution* 15(7): 290-295.
- CROZIER RH (1997) Preserving the information content of species: genetic diversity, phylogeny, and conservation worth. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 243-268.
- DE LUNA E, JA GUERRERO & T CHEW-TARACENA (2005) Sistemática biológica: avances y direcciones en la teoría y los métodos de la reconstrucción filogenética. *Hidrobiológica* 15(3): 351-370.
- DÍAZ-PÁEZ H & JC ORTIZ (2003) Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76(3): 509-525.
- DÍAZ-PÁEZ H, JJ NÚÑEZ, H NÚÑEZ & JC ORTIZ (2008) Estado de conservación de anfibios y reptiles. En: Vidal MA & A Labra (eds) *Herpetología de Chile*: 233-267. Science Verlag, Santiago, Chile.
- DIMMICK WW, MJ GHEDOTTI, MJ GROSE, AM MAGLIA, DJ MEINHARDT & DS PENNOCK (1999) The importance of systematic biology in defining units of conservation. *Conservation Biology* 13(3): 653-660.

DUELLMAN WE (1979) The herpetofauna of the Andes: patterns of distributions, origin, differentiation, and present communities. In: Duellman W (ed) The South American herpetofauna: its origin, evolution, and dispersal: 371-459. Museum of Natural History. University of Kansas. Monograph n° 7.

EELEY HAC, MJ LAWES & B REYERS (2001) Priority areas for the conservation of subtropical indigenous forest in southern Africa: a case study from KwaZulu-Natal. *Biodiversity and Conservation* 10(8): 1221-1246.

ESRI (2006) ArcGIS version 9.2. Environmental Systems Research Institute, Inc. All rights reserved.

FAITH DP (1992a) Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation* 61(1): 1-10.

FAITH DP (1992b) Systematics and conservation: on predicting the future diversity of subsets of taxa. *Cladistics* 8(4): 361-373.

FAITH DP (1996) Conservation priorities and phylogenetic pattern. *Conservation Biology* 10(4): 1286-1289.

FAITH DP & PA WALKER (1996) How do indicator groups provide information about the relative biodiversity of different sets of areas?: on hotspots, complementarity and pattern-based approaches. *Biodiversity Letters* 3(1): 18-25.

FAITH DP, CAM REID & J HUNTER (2004) Integrating phylogenetic diversity, complementarity, and endemism for conservation assessment. *Conservation Biology* 18(1): 255-261.

FJELDSÅ J, ND BURGESS, S BLYTH & HM DE KLERK (2004) Where are the major gaps in the reserve network for Africa's mammals?. *Oryx* 38(1): 17-25.

FORMAS JR (1979) Los anfibios del bosque temperado del sur de Chile: una aproximación sobre su origen. *Archivos de Biología y Medicina Experimentales* 12: 191-196.

FORMAS JR (1995) Anfibios. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, A Spotorno & E Lozada (eds) Diversidad biológica de Chile: 314-325. CONICYT, Santiago, Chile.

FROST DR (2009) Amphibian species of the world: an online reference. Version 5.3 (12 February, 2009). Electronic database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/>. American Museum of Natural History, New York, USA.

FROST DR, T GRANT, J FAIVOVICH, RH BAIN, A HAAS, CFB HADDAD, RO DE SÁ, A CHANNING, M WILKINSON, SC DONNELLAN, CJ RAXWORTHY, JA CAMPBELL, BL BLOTTO, P MOLER, RC DREWES, RA NUSSBAUM, JD LYNCH, DM GREEN & WC WHEELER (2006) The amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 297, 370 pp.

GARCÍA-BARROS E, P GUERREA, M LUCIAÑEZ, J CANO, M MUNGUIRA, J MORENO, H SAINZ, M SANZ, JC SIMÓN (2002) Parsimony analysis of endemism and its application to animal and plant geographical distributions in the Ibero-Balearic region (western Mediterranean). *Journal of Biogeography* 29(1): 109-124.

HERO JM & C MORRISON (2004) Frog declines in Australia: global implications. *Herpetological Journal* 14(4): 175-186.

HUMPHRIES CJ, PH WILLIAMS & RI VANE-WRIGHT (1995) Measuring biodiversity value for conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26: 93-111.

IUCN (2008) IUCN Red List of Threatened Species. Version 2008.2 <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 31 December 2008.

LIPS KR, J REEVE & L WITTERS (2003) Ecological factors predicting amphibian population declines in Central America. *Conservation Biology* 17(4): 1078-1088.

LIPS KR, PA BURROWES, JR MENDELSON III & G PARRA-OLEA (2005) Amphibian declines in Latin America: widespread population declines, extinctions, and impacts. *Biotropica* 37(2): 163-165.

LIPS KR, F BREM, R BRENES, JD REEVE, RA ALFORD, J VOYLES, C CAREY, L LIVO, AP PESSIER & JP COLLINS (2006) Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(9): 3165-3170.

MARGULES CR & RL PRESSEY (2000) Systematic conservation planning. *Nature* 405(6783): 243-253.

MAY RM (1990) Taxonomy as destiny. *Nature* 347(6289): 129-130.

MENDELSON III, JR, KR LIPS, RW GAGLIARDO, GB RABB, JP COLLINS, JE DIFFENDORFER, P DASZAK, R IBÁÑEZ, KC ZIPPEL, DP LAWSON, KM WRIGHT, SN STUART, C GASCON, HR DA SILVA, PA BURROWES, RL JOGLAR, E LA MARCA, S LÖTTERS, LH DU PREEZ, C WELDON, A HYATT, JV RODRIGUEZ-MAHECHA, S HUNT, H ROBERTSON, B LOCK, CJ RAXWORTHY, DR FROST, RC LACY, RA ALFORD, JA CAMPBELL, G PARRA-OLEA, F BOLAÑOS, JJ CALVO, T HALLIDAY, JB MURPHY, MH WAKE, LA COLOMA, SL KUZMIN, MS PRICE, KM HOWELL, M LAU, R PETHIYAGODA, M BOONE, MJ LANNOO, AR BLAUSTEIN, A DOBSON, RA GRIFFITHS, ML CRUMP, DB WAKE, ED BRODIE JR (2006) Confronting amphibian declines and extinctions. *Science* 313(5783): 48.

MÉNDEZ M & C CORREA (2006) Anfibios. En: Saball P, MTK Arroyo, JC Castilla, C Estades, JM Ladrón de Guevara, S Larraín, C Moreno, F Rivas, J Rovira, A Sánchez & L Sierralta (eds) *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y desafíos*: 288-293. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile.

MICKEVICH MF & NI PLATNICK (1989) On the information content of classifications. *Cladistics* 5(1): 33-47.

MORENO CE, G GIL, G SÁNCHEZ-ROJAS & AE ROJAS-MARTÍNEZ (2007) Conocimiento sistemático para la conservación biológica. En: Contreras-Ramos A, C Cuevas, I Goyenechea & U Iturbe (eds) *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad*: 113-122. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.

- MORITZ C, C HOSKIN, CH GRAHAM, A HUGALL & A MOUSSALLI (2005) Historical biogeography, diversity and conservation of Australia's tropical rainforest herpetofauna. In: Purvis A, JL Gittleman & T Brooks (eds) *Phylogeny and conservation*: 243-264. Cambridge University Press.
- MORRONE JJ (1999) How can biogeography and cladistics interact for the selection of areas for biodiversity conservation?. A view from Andean weevils (Coleoptera: Curculionidae). *Biogeographica* 75(2): 89-96.
- MORRONE JJ & JV CRISCI (1992) Aplicación de métodos filogenéticos y panbiogeográficos en la conservación de la diversidad biológica. *Evolución Biológica* (Bogotá) 6: 53-66.
- NÚÑEZ H, V MALDONADO & R PÉREZ (1997) Reunión de trabajo con especialistas en herpetología para categorización de especies según estado de conservación. *Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural* 329: 12-19.
- O'DEA N, MB ARAÚJO & RJ WHITTAKER (2006) How well do Important Bird Areas represent species and minimize conservation conflict in the tropical Andes?. *Diversity and Distributions* 12(2):205-214.
- ORTEGA-HUERTA, MA & AT PETERSON (2004) Modelling spatial patterns of biodiversity in northeastern Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 39-54.
- ORTIZ JC & H DÍAZ-PÁEZ (2006) Estado del conocimiento de los anfibios de Chile. *Gayana* 70(1): 114-121.
- PARRA G, R BROWN, J HANKEN, B HEDGES, R HEYER, S KUZMIN, E LAVILLA, S LÖTTERS, B PIMENTA, S RICHARDS, MO RÖDEL, RO DE SÁ & D WAKE (2007) Systematics and conservation. In: Gascon C, JP Collins, RD Moore, DR Church, JE Mckay & JR Mendelson III (eds) *Amphibian Conservation Action Plan*: 45-48. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

- PÉREZ-LOSADA M, CG JARA, G BOND-BUCKUP, KA CRANDALL (2002) Conservation phylogenetics of Chilean freshwater crabs *Aegla* (Anomura, Aeglididae): assigning priorities for aquatic habitat protection. *Biological Conservation* 105(3): 345-353.
- POSADAS P, DR MIRANDA & JV CRISCI (2001) Using phylogenetic diversity measures to set priorities in conservation: an example from Southern South America. *Conservation Biology* 15(5): 1325-1334.
- PRESSEY RL (1994) Ad hoc reservations: forward or backward steps in developing representative reserve systems?. *Conservation Biology* 8(3): 662-668.
- PRESSEY RL, CJ HUMPHRIES, CR MARGULES, RI VANE-WRIGHT & PH WILLIAMS (1993) Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution* 8(4): 124-128.
- PRESSEY RL, HP POSSINGHAM & CR MARGULES (1996) Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much?. *Biological Conservation* 76(3): 259-267.
- REDDING DW & AØ MOOERS (2006) Incorporating evolutionary measures into conservation prioritization. *Conservation Biology* 20(6): 1670-1678.
- RODRIGUES ASL, R TRATT, BD WHEELER & KJ GASTON (1999) The performance of existing networks of conservation areas in representing biodiversity. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 266(1427): 1453-1460.
- RODRIGUES ASL, SJ ANDELMAN, MI BAKARR, L BOITANI, TM BROOKS, RM COWLING, LDC FISHPOOL, GAB DA FONSECA, KJ GASTON, M HOFFMANN, JS LONG, PA MARQUET, JD PILGRIM, RL PRESSEY, J SCHIPPER, W SECHREST, SN STUART, LG UNDERHILL, RW WALLER, MEJ WATTS, & X YAN (2004) Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428: 640-643.
- ROELANTS K, DJ GOWER, M WILKINSON, SP LOADER, SD BIJU, K GUILLAUME, L MORIAU & F BOSSUYT (2007) Global patterns of diversification in the history of modern amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(3): 887-892.

- ROIG-JUÑENT S & G DEBANDI (2004) Prioridades de conservación aplicando información filogenética y endemidad: un ejemplo basado en Carabidae (Coleoptera) de América del Sur austral. *Revista Chilena de Historia Natural* 77(4): 695-709.
- ROVIRA J, D ORTEGA, D ÁLVAREZ & K MOLTET (2008) Áreas Protegidas en Chile. En: CONAMA. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y desafíos: 506-561. Ocho Libros Editores, Santiago, Chile.
- SAG (1970) Plan de Manejo y desarrollo del Parque Nacional Nahuelbuta. Departamento de Patrimonio Forestal, División Forestal, Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, Chile.
- SCOTT JM, FW DAVIS, RG MCGHIE, RG WRIGHT, C GROVES & J ESTES (2001) Nature reserves: do they capture the full range of America's biological diversity?. *Ecological Applications* 11(4): 999-1007.
- SPOTORNO A (1995) Vertebrados. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, A Spotorno & E Lozada (eds) *Diversidad biológica de Chile*: 299-301. CONICYT, Santiago, Chile.
- STUART SN, JS CHANSON, NA COX, BE YOUNG, ASL RODRIGUES, DL FISCHMAN & RW WALLER (2004) Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306(5702): 1783-1786.
- VANE-WRIGHT RI, CJ HUMPHRIES & PH WILLIAMS (1991) What to protect? - Systematics and the agony of a choice. *Biological Conservation* 55(3): 235-254.
- VELOSO A, JC ORTIZ, J NAVARRO, H NÚÑEZ, P ESPEJO & MA LABRA (1995) Reptiles. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, A Spotorno & E Lozada (eds) *Diversidad biológica de Chile*: 326-335. CONICYT, Santiago, Chile.
- VIDAL MA (2008) Biogeografía de anfibios y reptiles. En: Vidal MA & A Labra (eds) *Herpetología de Chile*: 195-231. Science Verlag, Santiago, Chile.

- VIDAL MA, E SOTO & A VELOSO (2009) Biogeography of Chilean herpetofauna: distributional patterns of species richness and endemism. *Amphibia-Reptilia* 30(2): 151-171.
- WALKER PA & DP FAITH (1995) DIVERSITY-PD: Procedures for conservation evaluation based on phylogenetic diversity. *Biodiversity Letters* 2(5): 132-139.
- WESSELS KJ, B REYERS & AS VAN JAARVELD (2000) Incorporating land cover information into regional biodiversity assessments in South Africa. *Animal Conservation* 3(1): 67-79.
- WILLIAMS PH & CJ HUMPHRIES (1994) Biodiversity, taxonomic relatedness, and endemism in conservation. In: Forey PL, CJ Humphries & RI Vane-Wright (eds) *Systematics and conservation evaluation*: 269-287. The Systematics Association Special Vol. 50. Oxford Science Publications.
- WILLIAMS PH, CJ HUMPHRIES & RI VANE-WRIGHT (1991) Measuring biodiversity: taxonomic relatedness for conservation priorities. *Australian Systematic Botany* 4(4): 665-679.
- WILLIAMS PH, RI VANE-WRIGHT & CJ HUMPHRIES (1993) Measuring biodiversity for choosing conservation areas. In: La Salle J & ID Gauld (eds) *Hymenoptera and biodiversity*: 309-328. CAB International, Wallingford, OX, UK.
- WILLIAMS PH, KJ GASTON & CJ HUMPHRIES (1994) Do conservationists and molecular biologists value differences between organisms in the same way?. *Biodiversity Letters* 2(3): 67-78.
- WILLIAMS P, D GIBBONS, C MARGULES, A REBELO, C HUMPHRIES R PRESSEY (1996) A comparison of richness hotspots, rarity hotspots, and complementary areas for conserving diversity of British birds. *Conservation Biology* 10(1): 155-174.
- YOUNG BE, KR LIPS, JK REASER, R IBÁÑEZ, AW SALAS, JR CEDEÑO, LA COLOMA, S RON, E LA MARCA, JR MEYER, A MUÑOZ, F BOLAÑOS, G CHAVES & D ROMO (2001) Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology* 15(5): 1213-1223.

YOUNG BE, SN STUART, JS CHANSON, NA COX & TM BOUCHER (2004) Joyas que están desapareciendo: el estado de los anfibios en el Nuevo Mundo. NatureServe, Arlington, Virginia.