

Universidad del Bío-Bío
Facultad de Ciencias
Departamento de Ciencias Básicas



Propuesta metodológica de priorización de conservación para los anfibios de Chile

Nayadet Henríquez Maureira

Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias biológicas

Profesora Guía Dra. Marcela Vidal Maldonado

Profesor co-guía: Dr. Cristian Torres Díaz

CHILLAN, 2021

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	12
MATERIALES Y MÉTODOS	13
<i>Grupo taxonómico</i>	13
<i>Recopilación de información</i>	14
<i>Criterios para la priorización</i>	15
<i>Formulación de una función de priorización</i>	21
<i>Categorías de priorización</i>	22
RESULTADOS	22
DISCUSIÓN	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

El progresivo crecimiento de la población mundial y la insostenible demanda de recursos naturales amenaza directamente la biodiversidad. La tasa de extinción de especies va en aumento como consecuencia de múltiples factores. En el caso de los anfibios, son ectotermos altamente dependientes del medio donde viven, con acotados rangos de distribución y escasa movilidad. Estas especies son consideradas bioindicadores, lo que implica potenciales daños a perturbaciones ambientales. Actualmente integran el grupo de mayor riesgo donde el 40% de especies están en categoría de amenaza, con una pronunciada tasa de disminución poblacional. En Chile, el 70% de los anfibios categorizados se encuentran en algún grado de amenaza. Esta perspectiva, indica la necesidad de establecer herramientas integradoras multivariadas para la toma de decisiones sobre especies prioritarias para la conservación

En este estudio se estableció una metodología de priorización para la conservación de los anfibios en Chile a través de una propuesta de análisis multicriterio que articula las variables cuantificables Distribución geográfica (DISGE), Amplitud de hábitat (AHA), Área de Ocupación (AOO), Extensión de presencia (EOO), Nivel de amenaza (NIAM), Tendencia poblacional (TPBL), Singularidad taxonómica (SINTA), Tamaño corporal (TAM) y Protección Territorial (PROTE), determinantes para el grupo de estudio. Adicionalmente, se establecieron categorías de prioridad para la conservación como: (1) Sin prioridad, (2) Prioridad baja, (3) Prioridad media y (4) Sin prioridad. El análisis integral de los factores evaluados proporcionaría información respecto a la prioridad de conservación de los anfibios chilenos como herramienta selectiva para establecer estrategias de gestión y recursos para las especies prioritarias

INTRODUCCIÓN

El progresivo crecimiento de la población mundial y la insostenible demanda de recursos naturales amenaza directamente la biodiversidad (Gascon et al., 2007). La tasa de extinción de especies va en aumento como consecuencia de destrucción y contaminación de hábitats; cambios climáticos; captura excesiva, eliminando estos animales de la vida silvestre; y uso excesivo como alimento, así como la enfermedad infecciosa grave de los anfibios recientemente descubierta (quitridiomycosis, causada por *Batrachochytrium dendrobatidis*), que afecta la piel de individuos adultos y las cavidades bucales de sus larvas (Pimm et al., 1995; Gascon et al., 2007; Zumbado et al., 2020). Evaluar los efectos de esta erosión en diferentes aspectos de la biodiversidad y las propiedades generales de los ecosistemas es de primordial importancia si se quiere proteger de manera eficiente las pocas áreas restantes de ambientes silvestres que sostienen esta biodiversidad (Asaad et al., 2017). La medición de la biodiversidad, en lo que respecta a las perturbaciones ambientales, plantea un desafío debido a la naturaleza universal de las curvas de abundancia (Sodhi & Ehrlich, 2010). De acuerdo con algunos autores (Hubbell, 2001; Begon et al., 2006; Macarthur & Wilson, 2001), la mayoría de las especies suelen ser muy raras y solo unas pocas son muy comunes. Por lo tanto, gran parte de nuestro conocimiento de las respuestas de las especies en sus ambientes silvestres se basa en el estudio de sólo unas pocas especies y de unas pocas variables (Moreno, 2001). Además, la diversidad generalmente se comprime en un solo número, que podría ser la riqueza de especies *per se* o cualquier forma de índice de información, por lo que, la adecuada información que se requiere de las especies para conservarlas depende de múltiples factores (National Research Council, 1992).

Los vertebrados representan sólo el 3% de todas las especies animales conocidas, pero desempeñan un papel importante en los ecosistemas y son de un valor cultural y social primordial. Al analizar los datos sobre distribución, dinámica poblacional, principales

amenazas y estado de conservación de 25.780 especies de vertebrados: mamíferos (5.498 especies), aves (10.027 especies), reptiles (una muestra de 1.500 especies), anfibios (6.638 especies) y peces óseos (una muestra de > 1200 especies) ha demostrado que casi una quinta parte de las especies existentes pertenece al grupo "en peligro", que va del 13% para las aves al 41% para los anfibios (Anajeva et al., 2015). Las evaluaciones de la lista roja de IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) para los anfibios, que están más amenazados en comparación con las aves y los mamíferos, cambiaron en un 3,4% de 1980 a 2004 (es decir, en un 0,14% anual). En particular, se ha observado un deterioro del estado de la población de anfibios para 662 especies, lo que ha incrementado la proporción de especies de la Lista Roja en la categoría "en peligro de extinción" (Butchart et al., 2007).

Es por esta razón, que la categorización del estado de conservación de una especie permite una adecuada planificación y manejo de las poblaciones a través de una perspectiva sustentable (Reca et al., 1994). A nivel mundial, los mayores esfuerzos por conocer el estado de conservación de las especies son promovidos por IUCN, organización no gubernamental, quien publica listados de especies amenazadas a nivel mundial (www.iucnredlist.org). A partir de estos procedimientos, países han determinado adaptar propios sistemas de clasificación de especies o asumir las condiciones ya establecidas por la organización. En la última actualización de la IUCN (2021), se indica que cerca de un 28% de todas las especies descritas a nivel global se encuentran amenazadas, siendo los anfibios, mamíferos y coníferas los grupos en mayor riesgo.

En Chile la biodiversidad representa un singular patrimonio natural procedente de sus particulares ecosistemas, donde las especies y el grado de endemismo se distribuyen heterogéneamente extendiéndose en el territorio nacional (Duellman, 1979; Ormazábal, 1993; Dinerstein et al., 1995; MMA, 2017), alcanzando casi el 25% de las 35.000 especies categorizadas son endémicas (MMA, 2014; MMA, 2017). Las razones de esta singularidad

de deben a que el país es considerado una isla geográfica restringida por barreras naturales: en la zona norte limita con uno de los desiertos más áridos del mundo; en el sur se encuentra la Antártida; por el este se extiende la Cordillera de los Andes que supera los 6.000 m.s.n.m. y al oeste se encuentra el Océano Pacífico (Ormazábal, 1993). De hecho, la zona centro de Chile que se extiende desde la costa del Pacífico hasta las cumbres andinas entre los 25 y 47°S, incluyendo la estrecha franja costera entre los 25 y 19°S, más las islas de Juan Fernández, y una pequeña área de bosques adyacentes de Argentina se considera el “hotspot chileno” (Arroyo et al., 2004) y fue incluido, además, entre los 25 hotspots a nivel global (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2004) y más actualmente, entre los 35 hotspot más relevantes (Mittermeier et al., 2011; Durán et al., 2013). Estos puntos críticos de biodiversidad fueron propuestos a través del análisis de áreas con mayor concentración terrestre de especies endémicas, particularmente por su limitado rango de distribución y su inminente vulnerabilidad (Myers, 2003).

La preocupación por categorizar las especies en el país se instauró en el año 1973 con la publicación del libro “Chile: Plantas en Extinción” de Carlos Muñoz Pizarro. Desde ese punto de origen, surgen distintos trabajos para conocer el estado de conservación de las especies presentes en Chile. En el año 1985, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) realizó el Simposio “Árboles y Arbustos Nativos Amenazados”. Como resultado de este simposio se publicó el “Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile” (Benoit, 1989). Del mismo modo, en el año 1987, CONAF organizó el Simposio “Estado de Conservación de la Fauna de Vertebrados Terrestres de Chile”. Las conclusiones de este simposio dieron lugar a la publicación del “Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres” (Glade, 1988), el que incluye mamíferos, aves, anfibios, reptiles y peces de aguas continentales. Desde ese entonces, surgen nuevos estudios para fomentar e integrar conocimientos en materia de categorización de especies. En el caso de anfibios y reptiles, especialistas evaluaron a las especies en Chile en una sesión del IV Congreso Latinoamericano de Herpetología en 1996,

donde lograron establecer nuevas categorías de conservación, finalmente publicadas (Núñez et al., 1997).

Ante el evidente aumento de propuestas de categorización para todo tipo de organismos, surge la necesidad de establecer una metodología técnica para categorizar las especies, lo que llevó a incorporar antecedentes en la publicación de la Ley N°19.300 (1994) sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la que establece en el artículo 37 “un procedimiento para calificar especies de acuerdo con su estado de conservación”. A partir de esta indicación en la ley, en el año 2005 se publica el “Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres” (RCE) que establece un procedimiento para clasificar especies silvestres en distintas categorías de conservación a través del Decreto Supremo N°75 de 2004 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Estas categorías de conservación fueron actualizadas en el año 2010, con la publicación de la Ley N°20.417 que modifica la Ley N°19.300. De esta manera, las nuevas categorías utilizadas actualmente para la biodiversidad del país corresponden a: Extinta, Extinta en Estado Silvestre, En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable, Casi Amenazada, Preocupación Menor y Datos Insuficientes. Para aquellas especies clasificadas en estado de amenaza según los parámetros establecidos por la RCE, se crearon los “Planes de Recuperación, Conservación y Gestión de Especies Silvestres” (planes RECOGE) en la Ley N°20.417 del año 2010. Estos planes integran objetivos, metas y acciones para preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Los anfibios son organismos ectotermos que dependen de la disponibilidad de agua dulce para su éxito reproductivo (Lobos et al., 2013), por lo que su distribución geográfica se restringe a ambientes acotados en el planeta (Blaustein & Wake, 1990). Estas características sugieren que los anfibios, a comparación de otros vertebrados, son más vulnerables a las variaciones ambientales lo que ha llevado a considerarlos centinelas de la calidad ambiental (Stuart et al., 2008) considerando, además, que mantienen en equilibrio

en los sistemas naturales (Dodd, 2010; Catenazzi, 2015). De hecho, en la última actualización de la IUCN (2021) y dadas estas características, se describe a los anfibios como el grupo más amenazado con un 40% de especies en estado vulnerable y además, según la evaluación de tendencia en el riesgo de extinción, estas especies presentarían una tasa de disminución más pronunciada (Baillie et al., 2004; Gascon et al., 2007). La evidencia actual sobre la declinación mundial de los anfibios sostiene que los impactos negativos más frecuentes son la introducción de especies invasoras, la sobreexplotación, el cambio climático, la excesiva radiación ultravioleta, contaminantes químicos y propagación de enfermedades (Daszak et al., 2003). Sin embargo, distintos autores coinciden en que la pérdida de hábitat es la amenaza dominante para estas especies (Ibarra-Vidal, 1989; Baillie et al., 2004; Vidal & Díaz-Páez, 2012). En Chile se consideran 62 especies de anfibios válidas, todas clasificadas a través del RCE (MMA, 2021). De acuerdo con sus estados de conservación, 10 especies se clasifican “En Peligro Crítico” (CR), 23 especies “En Peligro” (EN) y 11 especies “Vulnerable” (VU). El total de especies amenazadas para este grupo corresponde a un 71%, siendo el segundo grupo con mayor riesgo a nivel nacional, después de los peces (MMA, 2021). Si bien, la mayor riqueza de anfibios se concentra entre los 38° y 48° S en el país, esta área concentra también la mayor endemividad (Vidal, 2008), pero las especies con mayor amenaza se encuentran en el norte del país (MMA, 2019).

Una de las estrategias para lidiar contra esta tendencia es la identificación y protección de áreas de prioritarias para la conservación de anfibios. Distintas investigaciones han desarrollado herramientas de conservación con diferentes criterios para ayudar a preservar la biodiversidad (Sarkar et al., 2006; Watts et al., 2010). De este modo, se emplean diferentes enfoques que utilizan diversas escalas geográficas para definir estas áreas de alta prioridad. Estos enfoques incluyen la identificación de ecorregiones clave (Olson & Dinerstein, 1998), identificación de puntos críticos de

biodiversidad (Myers 1988, 1990; Dobson et al., 1997), o análisis de brechas para mejorar los sistemas de áreas protegidas (Scott et al., 1993; Araujo et al., 2010). Para que la conservación sea eficaz, además de los principios básicos relacionados con la planificación sistemática de la conservación, es necesario considerar también, ciertos atributos intrínsecos de las especies objetivo como variables morfológicas relativas al tamaño corporal, ecológicas como el grado de especiación, características filogenéticas y genéticas y / o ambientales referente a las potenciales amenazas (Murray & Hose, 2005; Isaac et al., 2007; Anderson et al., 2011; Vidal & Díaz-Páez, 2012). Por ejemplo, Gillespie et al. (2020) reevaluaron el estado de conservación de 243 especies de ranas australianas, en este caso identificaron las amenazas clave y las posibles acciones de gestión asociadas. Para cada especie asignaron puntajes que les permitió clasificar y definir prioridades de las acciones de gestión y conservación, así como identificar las acciones de mayor prioridad para reducir los riesgos de extinción de estas ranas. La idea final de dicho estudio es que la nueva priorización permitirá una mejor asignación de recursos económicos (los cuales suelen ser limitados) para maximizar los resultados de conservación de las ranas australianas. Según Johnson et al. (2018), las evaluaciones para asignar prioridad de anfibios permiten maximizar los recursos disponibles para la conservación al identificar qué medidas podrían servir mejor a las especies que requieren ayuda. En este marco, Chile no cuenta con un mecanismo de priorización de especies, pues esta decisión recae directamente en especialistas (Pérez-Quezada & Rodrigo, 2018).

El objetivo de este estudio es establecer una metodología de priorización para la conservación de los anfibios en Chile a través de una propuesta de análisis multicriterio que articula variables geográficas, estados de conservación, grados de protección, niveles de amenaza, tamaño corporal, singularidad taxonómica entre otras. A partir de los resultados de esta propuesta, se presenta un listado de priorización de las especies que requieren

mayor atención y que, consecuentemente, deberían recibir mas recursos para su conservación.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis:

H1 Las especies prioritarias que mantienen variables y/o enfoques en gestión de conservación biológica corresponden a aquellas cuyo rango de distribución geográfico es acotado y sin poblaciones inmersas en áreas de protección territorial.

Objetivo General:

Determinar las especies de anfibios chilenos prioritarios para la conservación mediante un método multi-criterio que articula variables diversas (e.g., geográficas, estados de conservación, grados de protección, niveles de amenaza, tamaño corporal, singularidad taxonómica entre otras).

Objetivos Específicos:

1. Determinar criterios específicos esenciales para la priorización en la conservación de anfibios en Chile a través de antecedentes bibliográficos.
2. Establecer una ponderación de cada criterio de priorización de conservación mediante antecedentes bibliográficos.
3. Establecer una ecuación matemática para determinar la priorización en la conservación de anfibios en Chile utilizando los criterios propuestos.
4. Estimar y categorizar el índice de prioridad de conservación de los anfibios de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Grupo taxonómico

Se evaluó un total de 60 especies pertenecientes a 14 géneros de anfibios de Chile (Tabla 1). Debido a los notables conflictos taxonómicos dentro de género politípicos, el número de especies fluctúa constantemente. En el caso de este estudio se consideraron estos conflictos y solo se evaluaron aquellas especies bien soportadas por información actualizada, así como por sus descripciones formales (e.g. Correa et al, 2011; Correa et al., 2016; Correa & Méndez, 2018; Cuevas & Formas, 2005; Vidal & Díaz-Páez, 2012; Lobos, 2014). La especie que no fue analizada corresponde a *Telmatobius zapahuirensis* debido a que evidencia molecular y morfológica establecieron que *T. zapahuirensis* y *T. pefauri* corresponden una misma unidad taxonómica (Fibla et al., 2017).

Tabla 1. Número de especies por género y familia de anfibios presentes en Chile.

Familia	Género	Número de especies
Bufonidae	<i>Nannophryne</i>	1
Calyptocephalellidae	<i>Calyptocephalella</i>	1
	<i>Telmatobufo</i>	4
Ceratophryidae	<i>Atelognathus</i>	2
	<i>Chaltenobatrachus</i>	1
	<i>Batrachyla</i>	4
Cycloramphidae	<i>Telmatobius</i>	9
	<i>Rhinoderma</i>	2
	<i>Alsodes</i>	17
	<i>Eupsophus</i>	10
	<i>Hylorina</i>	1

	<i>Insuetophrynus</i>	1
Leiuperidae	<i>Pleurodema</i>	3

Recopilación de información

Se revisó la literatura relacionada a la ecología, extensión de ocurrencia, sistemática, procesos de categorización en estados de conservación de las especies de anfibios descritas en Chile. Se realizaron búsquedas en artículos en revistas, libros, simposios, reportes publicados por ciencias ciudadana (e.g. iNaturalist), planes de conservación de especies y fichas gubernamentales (e.g. <http://especies.mma.gob.cl/>, <https://www.iucnredlist.org/es>). Se realizó una recolección de registros o coordenadas geográficas de ocurrencias de las especies obtenidas desde la revisión bibliográfica, redes de ciencia ciudadana (iNaturalist), las que se ingresaron a la plataforma GeoCat (<http://geocat.kew.org/>), utilizada también por IUCN, para crear polígonos que indican área de ocurrencia, área de extensión y contabiliza las ocurrencias según el número de ubicaciones distintas registradas y que realiza una propuesta previa de clasificación de estado de conservación para la especie en función de los datos registrados (Bachman et al., 2011). Con los registros distribucionales extraídos desde estos documentos, se obtuvo mapas de distribución geográfica que permitieron catalogar a las diferentes especies en los niveles de criterios (ver más adelante) para evaluar la prioridad de conservación de estas. Cuando fue posible, se consideró otros parámetros biológicos como estimaciones de ocupación, características de dispersión y/o reproducción, estructura genética y las amenazas para su conservación (e.g. Celis-Diez et al., 2011; Garín & Hussein, 2013; Lobos, 2014; Bonacic et al., 2015; Charrier, 2019).

Criterios para la priorización

La propuesta de priorización para la conservación de anfibios se realizó a través una función elaborada a partir de criterios propuestos por distintos autores que establecen una referencia del estado de las poblaciones de cada especie (Martín et al., 2008; Díaz-Páez & Ortiz, 2003; Reca et al., 1994; García et al., 2010). Para la priorización se establecieron cinco dimensiones que incluyeron nueve criterios de valoración cuantitativa: Distribucional (distribución geográfica, amplitud de hábitat, área de ocupación y extensión de ocurrencia), Proyección poblacional (nivel de amenaza y tendencia poblacional), Historia evolutiva (singularidad taxonómica), Efecto humano (tamaño corporal), Gestión territorial (protección territorial) (Tabla 2):

- a) *Distribución geográfica (DISGE)*: El criterio de distribución busca categorizar el tamaño del área geográfica que ocupa una especie (Reca et al., 1994). Las especies con alto grado de endemismo son usualmente relacionadas con rangos limitados de distribución, en consecuencia, son más vulnerables a la extinción y prioritarios en los estudios de conservación (Myers, 2003; Martín et al., 2008). De hecho, para una planificación sistemática de áreas prioritarias de conservación se requiere de escalas espaciales predeterminadas con dimensiones equivalentes, por lo que, teniendo este conocimiento, se reduciría la pérdida de biodiversidad (Brooks et al., 2006; Brooks, 2010). Para los anfibios de Chile, se ha determinado que la distribución geográfica es limitante para la conservación, ya que las especies con áreas restringidas tienen mayor riesgo de extinción (Sodhi & Ehrlich, 2010, Vidal & Díaz-Páez, 2012).

- b) *Amplitud de hábitat (AHA)*: Este criterio considera la plasticidad de las especies con relación a su hábitat (Úbeda & Grigera, 2003). Cuando una especie una amplitud restringida, refleja una falta de plasticidad ecológica (Dinerstein et al., 1995) que las

convierte en especies especialistas y por tanto, proclives a extinciones locales cuando sus hábitat son intervenidos (Lavilla et al., 2000; Díaz-Páez & Ortiz, 2003)

- c) Área de ocupación (AOO):** Es una medida estandarizada del área que es ocupada por un ecosistema tipo media en Km² (Figura 1). El AOO (subcriterio B2 de IUCN) mide la dispersión del riesgo entre los fragmentos ocupados a través de un recuento de las celdas de cuadrícula ocupadas (Keith et al., 2013). Cuando un taxón ocupa un área muy restringida aumenta la probabilidad de que una potencial amenaza afecte directamente a toda o gran parte de su distribución en un tiempo determinado, lo que eleva su riesgo de extinción (IUCN, 2012, 2019).

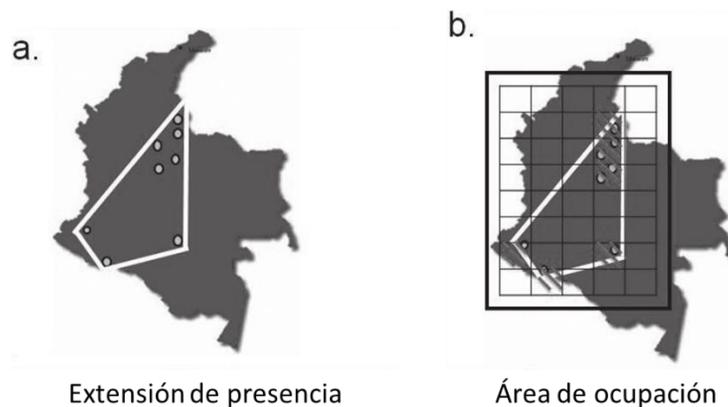


Figura 1. Representación gráfica del cálculo de Extensión de presencia (EOO) y de Área de ocupación (AOO). Modificado de Amaya-Espinel et al. (2011).

- d) Extensión de Ocurrencia (EOO):** Es una medida estandarizada del área dentro del cual existen todas las ocurrencias de un ecosistema tipo (Figura 1). La EOO (subcriterio B1 de IUCN) mide la dispersión del riesgo sobre un área contigua que encierra todas las ocurrencias utilizando un polígono convexo mínimo. Es, por tanto, el área determinada por límites imaginarios acotados que abarca todos los sitios

conocidos, inferidos o proyectados de la presencia de un taxón (IUCN, 2012). Este parámetro busca cuantificar los potenciales factores de riesgos que se extienden en la distribución geográfica de la especie (IUCN, 2019).

- e) *Nivel de amenaza (NIAM)*: El estado de amenaza de una especie es determinado a partir de parámetros cuantificables con relación a su área de distribución y biología poblacional (IUCN, 2001). La aplicación de este criterio implica la categorización nacional de un determinado taxón. En Chile las especies son catalogadas según el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE) efectuada bajo el Decreto N°29 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente, clasificando su estado de conservación en las siguientes categorías (Figura 2): Extinta (EX), Extinta en estado silvestre (EW), En peligro crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazada (NT), Preocupación menor (LC), Datos insuficientes (DD) y No Evaluado (NE).

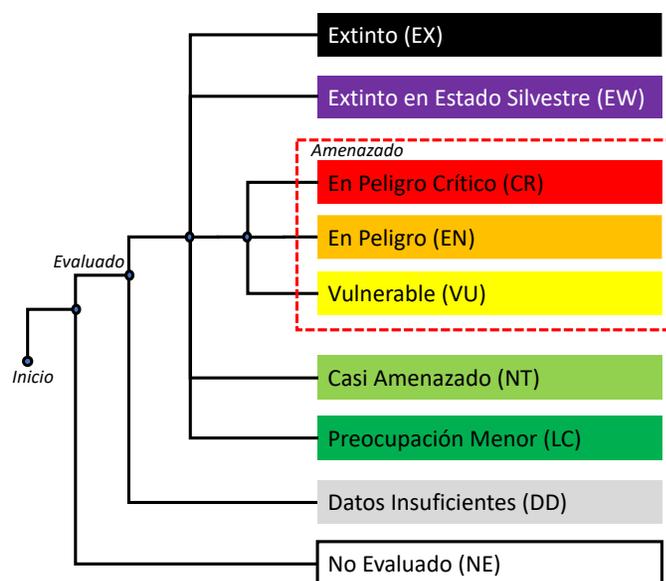


Figura 2. Categorías de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del Ministerio de Medio Ambiente. Reconstruido desde RCE para este trabajo. La nomenclatura es similar a la Unión Internacional para la

Conservación de la Naturaleza (IUCN), pero los criterios de cada categoría son diferentes en algunos casos.

- f) *Tendencia poblacional (TPBL)*:** Este criterio pretende estimar el estado de las poblaciones en el tiempo al evaluar la variación en el número de individuos como propiedad de las poblaciones naturales debidos a mortalidad, natalidad, migraciones o emigraciones (García et al., 2010). La reducción de una población está delimitada por la disminución en el número de individuos maduros expresada en cantidad (%), en un periodo de tiempo determinado (Brooks et al., 2006; Martín et al., 2008). Las poblaciones sujetas a factores de amenaza son expuestas a considerables reducciones en el número de individuos de sus poblaciones. Esta perspectiva vincula que el tamaño de una población es el resultado de la acumulación de todos los factores ambientales que puedan incidir en las especies (García et al., 2010).
- g) *Singularidad taxonómica (SINTA)*:** La extinción de un taxón perteneciente a un género politípico es menos relevante que la extinción de una especie única de su género y/o familia (Simonetti et al., 1992; Rau, 2005), por lo que las especies monotípicas, requieren mayor esfuerzo de conservación para preservar sus secuencias únicas de ADN (Reca et al., 1994). De acuerdo con Jofré & Méndez (2011), la conservación de una especie implica conocer su identidad taxonómica y distribución biogeográfica, ambas vinculadas a la trayectoria geológica del grupo filogenético al que pertenece, mientras que Parra et al., (2007) señalaron la urgente necesidad de evaluar y preservar la diversidad filogenética en los clados de las especies más susceptibles a las amenazas regionales o locales. Ejemplo de la singularidad taxonómica es *Calyptocephalella gayi*, especie de origen gondwánico únicas en Chile con amenazas diversas de conservación (Correa et al., 2008)

- h) *Tamaño Corporal (TAM)*:** Las especies con mayor tamaño corporal parecen ser más vulnerables al riesgo de extinción que las especies de cuerpo pequeño, ya que las especies más grandes pueden ser afectadas por la caza humana y depredadores invasores (Case et al., 1998; Cardillo & Bromham, 2001; Cardillo, 2006) debido a que son más visibles en los ambientes naturales. El efecto del tamaño también ha tenido efectos negativos por las fobias humanas, por ser objetos de comercio como el uso como mascotas, alimento o uso medicinal (Murray & Hose, 2005). En el caso de *C. gayi* es la rana más grande presente en Chile, que puede llegar a pesar sobre 1,5 Kg. lo que ha llevado al consumo humano (Díaz-Páez & Ortiz 2003, Vidal & Díaz-Páez, 2012).
- i) *Protección Territorial (PROTE)*:** Esta variable evalúa la protección territorial de un determinado porcentaje de la población estudiada (Martín et al., 2008). Las áreas protegidas tanto gubernamentales como privadas, son fundamentales para la protección de los anfibios potencialmente amenazados (Young et al., 2004). No obstante, este tipo de evaluación está lejos de proporcionar una imagen precisa de la cobertura, viabilidad y eficacia de las áreas protegidas a escala por país o región (Brooks et al., 2006). Por ejemplo, Vidal et al., (2009) indicaron que el 60% de la riqueza de especies y solo el 30% de las especies endémicas están protegidas dentro de los parques nacionales en Chile, y estos valores disminuyen aun mas, cuando se consideran solo los anfibios.

Tabla 2: Valoración cuantitativa de los criterios de Priorización para las especies de anfibios en Chile.

Dimensión	Criterio	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4
Distribucional	Distribución geográfica (DISGE)	Cuatro o más regiones administrativas	Dos o tres regiones administrativas	Solo en una región administrativa	
	Amplitud de hábitat (AHA)	Chile y países vecinos	Endémica	Restringida o microendémica	
	Área de Ocupación (AOO)	<2000 km ²	<500 km ²	<10 km ²	
	Extensión de presencia (EOO)	<20000 km ²	<5000 km ²	<100 km ²	
Proyección poblacional	Nivel de amenaza (NIAM)	Preocupación menor	Raras, Insuficientemente Conocidas, Datos deficientes.	Peligro crítico, Peligro extinción, Vulnerable	
	Tendencia poblacional (TPBL)	Poblaciones en crecimiento en los últimos años	Poblaciones en recuperación o restauración	Poblaciones sin disminución significativa en los últimos años	Poblaciones decreciendo en los últimos años
Historia evolutiva	Singularidad taxonómica (SINTA)	Taxón que pertenece a un género de más de cuatro especies	Taxón que pertenece a un género con cuatro o menos especies	Taxón de una genero monotípico	Taxón de una familia monotípica
Efecto humano	Tamaño corporal (TAM)	Menor a 59 mm	60- 129 mm	Mayor a 130 mm	
Gestión territorial	Protección Territorial (PROTE)	Toda la población está fuera de áreas protegidas	Menos del 50% de la población está dentro de áreas protegidas	El 50% de la población o más está dentro de áreas protegidas	La totalidad de la población está dentro de áreas protegidas

Formulación de una función de priorización

De acuerdo con la Tabla 2, la valoración cuantitativa de los criterios de priorización tiene valores que fluctúan entre 1 a 4 puntos. Para los criterios DISGE, AHA, AOO, EOO, NIAM y TAM, los valores de van de 1 a 3, mientras que los criterios TPBL, SINTA y PROTE van de 1 a 4. Debido a esta condición de variabilidad de valoración de cada criterio (3 o 4) y que los criterios se consideran de igual importancia, se evaluó una función de estandarización (1) previo al cálculo de Prioridad en Conservación (P).

$$V_{ij} = \frac{2}{V_{Mj} - 1} (Ve_{ij} - 1) + 1 \quad (1),$$

donde:

V_{ij} es el valor que el criterio estandarizado j tiene sobre la especie i ,

V_{Mj} es el valor máximo que alcanza el criterio j ,

Ve_{ij} es el valor efectivo que el criterio j tiene sobre la especie i .

El cálculo de Priorización en Conservación (P) para cada especie i , se estima a través del valor C_{ij} el cual resulta por la suma de los criterios estandarizados V_{ij} de DISGE, AHA, AOO, EOO, NIAM, TAM, TPBL y SINTA, dividido por el criterio de Protección territorial (PROTE) para dicha especie que se muestra en la función 2.

$$P = \sum_{j=1}^n \frac{C_{ij}}{nce_{ij}PROTE_{ij}} \quad (2),$$

donde:

P es la Prioridad de Conservación,

n es el número de criterios total considerados,

C_{ij} es el valor del criterio de conservación j tiene sobre la especie i ,

$PROTE_{ij}$ es el valor del criterio de Protección Territorial j tiene sobre la especie i ,

$n_{ce_{ij}}$ es el número de criterios j evaluados para la especie i ,

Categorías de priorización

Para la evaluación de resultados se proponen cuatro categorías de priorización: Sin Prioridad, Prioridad Baja, Prioridad Media y Prioridad Alta. La asignación de cada una de las categorías propuestas utiliza la distribución de frecuencia de los valores de Priorización en conservación (P) a través la delimitación de intervalos de cuartiles: Q_1 , Q_2 y Q_3 donde las especies con valor $P \geq$ a la mediana son categorizadas como prioritarias para la conservación (Lavilla et al., 2000; Giraud et al., 2012) de acuerdo con la Figura 3:

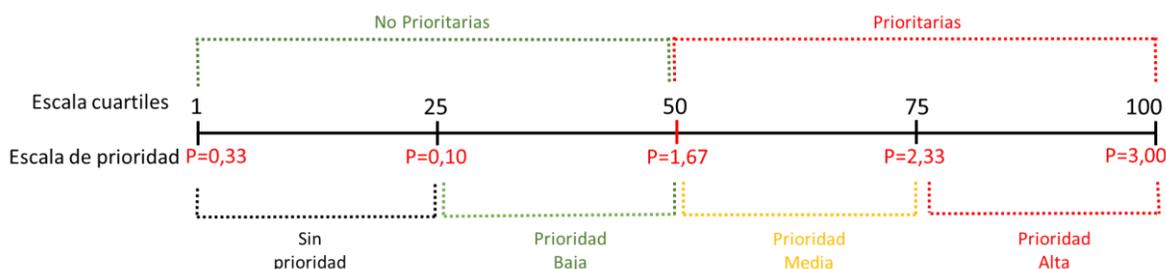


Figura 3. Esquematización de los rangos de priorización obtenidos a partir del cálculo de Prioridad de conservación (P).

RESULTADOS

Se evaluaron 60 especies de anfibios. En la Tabla 3 se muestran los valores registrados para cada criterio evaluado por cada especie que luego fueron utilizados en los cálculos de priorización a través de las ecuaciones 1 y 2. Los criterios que carecen de valoración (i.e. valor del criterio = 0) corresponden a especies con falta de antecedentes para su análisis. En particular, el principal criterio con información deficiente corresponde a TPBL como es el caso de *Alsodes australis* (Úbeda et al., 2004), *A. hugoi* (Veloso et al., 2004c), *A.*

kaweshkari (Veloso et al., 2004d), *Atelognathus ceii* (Veloso et al., 2004a), *Batrachyla nibaldoi* (Veloso et al., 2004b).

Tabla 3. Criterios evaluados para las 60 especies de anfibios en Chile. Distribución geográfica (DISGE), Amplitud de hábitat (AHA), Área de Ocupación (AOO), Extensión de presencia (EOO), Nivel de amenaza (NIAM), Tendencia poblacional (TPBL), Singularidad taxonómica (SINTA), Tamaño corporal (TAM), Protección Territorial (PROTE).

Nombre Científico	Dimensión distribucional				Dimensión poblacional				
	DISGE	AHA	AOO	EOO	NIAM	TPBL	SINTA	TAM	PROTE
<i>Alsodes australis</i>	2	1	2	1	2	0	1	1	4
<i>Alsodes barrioi</i>	2	3	2	2	3	4	1	2	2
<i>Alsodes cantillanensis</i>	3	3	2	2	3	0	1	1	1
<i>Alsodes gárgola</i>	3	1	3	3	3	3	1	2	1
<i>Alsodes hugoi</i>	3	3	2	3	3	0	1	2	4
<i>Alsodes igneus</i>	2	2	2	3	3	4	1	2	4
<i>Alsodes kaweshkari</i>	3	3	3	3	2	0	1	2	4
<i>Alsodes montanus</i>	2	3	3	3	3	4	1	2	3
<i>Alsodes montícola</i>	2	1	2	3	2	0	1	1	2
<i>Alsodes nodosus</i>	1	2	1	1	2	4	1	2	2
<i>Alsodes norae</i>	3	3	3	3	3	4	1	2	4
<i>Alsodes pehuenche</i>	3	1	3	3	3	4	1	2	1
<i>Alsodes tumultuosus</i>	2	2	3	3	3	4	1	2	1
<i>Alsodes valdiviensis</i>	2	3	2	2	3	4	1	2	3
<i>Alsodes vanzolinii</i>	2	3	3	3	3	4	1	1	2
<i>Alsodes verrucosus</i>	2	1	2	2	3	4	1	1	2

<i>Alsodes vittatus</i>	3	3	3	2	3	0	1	1	1
<i>Atelognathus ceii</i>	3	3	3	3	2	0	1	1	1
<i>Atelognathus salai</i>	3	1	2	2	2	3	1	1	3
<i>Batrachyla antartandica</i>	1	1	2	1	1	3	2	1	3
<i>Batrachyla leptopus</i>	1	1	2	1	1	3	2	1	2
<i>Batrachyla nibaldoi</i>	2	2	2	1	2	0	2	1	2
<i>Batrachyla taeniata</i>	1	1	1	1	2	4	2	1	2
<i>Calyptocephalella gayi</i>	1	2	1	1	3	4	3	3	2
<i>Chaltenobatrachus grandisonae</i>	3	1	2	1	2	0	3	1	3
<i>Eupsophus altor</i>	3	3	2	2	3	0	1	1	2
<i>Eupsophus calcaratus</i>	1	1	2	3	1	3	1	1	2
<i>Eupsophus contulmoensis</i>	2	3	1	2	3	0	1	1	2
<i>Eupsophus emiliopugini</i>	2	1	2	1	1	4	1	2	3
<i>Eupsophus insularis</i>	3	3	2	3	3	4	1	1	3
<i>Eupsophus migueli</i>	3	3	2	2	3	4	1	1	1
<i>Eupsophus nahuelbutensis</i>	3	2	2	2	3	3	1	1	3
<i>Eupsophus roseus</i>	2	2	1	1	3	4	1	1	2
<i>Eupsophus septentrionalis</i>	3	3	2	3	3	0	1	1	4
<i>Eupsophus vertebralis</i>	2	1	2	1	3	4	1	2	2
<i>Hylorina sylvatica</i>	1	1	1	1	1	4	3	2	2
<i>Insuetophrynus acarpicus</i>	2	3	3	3	3	4	3	1	2
<i>Nannophryne variegata</i>	1	1	1	1	1	4	2	1	2
<i>Pleurodema bufonina</i>	1	1	1	1	2	3	1	1	2
<i>Pleurodema marmoratum</i>	2	1	2	2	3	4	1	1	2
<i>Pleurodema thaul</i>	1	1	1	1	2	3	1	1	2

<i>Rhinella arunco</i>	1	2	1	1	3	4	1	2	2
<i>Rhinella atacamensis</i>	2	2	1	1	3	4	1	2	2
<i>Rhinella rubropunctata</i>	2	1	1	1	3	4	1	2	2
<i>Rhinella spinulosa</i>	1	1	1	1	1	0	1	2	1
<i>Rhinoderma darwinii</i>	1	1	2	3	3	4	2	1	2
<i>Rhinoderma rufum</i>	2	2	3	2	3	4	2	1	1
<i>Telmatobius chusmisensis</i>	2	2	3	3	3	4	1	2	1
<i>Telmatobius dankoi</i>	3	3	3	3	3	4	1	1	1
<i>Telmatobius fronteriensis</i>	3	3	3	3	3	4	1	1	1
<i>Telmatobius halli</i>	3	3	3	3	3	0	1	1	1
<i>Telmatobius marmoratus</i>	2	1	2	2	3	4	1	2	2
<i>Telmatobius pefauri</i>	3	3	2	2	3	0	1	1	1
<i>Telmatobius peruvianus</i>	2	1	2	2	3	4	1	1	1
<i>Telmatobius philippii</i>	3	3	3	3	3	4	1	1	1
<i>Telmatobius vilamensis</i>	3	3	3	3	3	4	1	1	1
<i>Telmatobufo australis</i>	2	2	1	1	3	4	2	2	2
<i>Telmatobufo bullocki</i>	2	2	1	1	3	4	2	2	1
<i>Telmatobufo ignotus</i>	3	3	2	3	3	4	2	2	4
<i>Telmatobufo venustus</i>	2	2	2	2	3	4	2	1	2

Los valores observados para el análisis de Prioridad en Conservación (P) se distribuyen entre $P= 0,48$ y $P=3,0$ (Tabla 4) en que el valor de la mediana ($P=1,67$) dividió a las especies en dos grupos principales: especies no prioritarias ($P < 1,67$) y especies prioritarias ($P \geq 1,67$) (Figura 3). Con base en esta división, se registraron tres familias mas

recurrentes: *Ceratophryidae*, *Cycloramphidae* y *Calyptocephalellidae* y se registraron 17 especies que requieren mayor atención que equivalen al 28% de las especies analizadas. Entre estas especies destacan el género *Telmatobius* que registra ocho especies prioritarias y el género *Alsodes* con cinco especies. Entre las que requieren prioridad alta están *Telmatobius dankoi*, *T. fronteriensis*, *T. philippii* y *T. vilamensis* (Tabla 4).

Tabla 4. Listado de especies de anfibios de Chile ordenados por nivel de prioridad de conservación. Ver Figura 3 para contrastación.

Tipo de prioridad		Familia	Especie	Priorización
Prioridad Alta	1	Ceratophryidae	<i>Telmatobius dankoi</i>	2,50
	2	Ceratophryidae	<i>Telmatobius fronteriensis</i>	2,50
	3	Ceratophryidae	<i>Telmatobius philippii</i>	2,50
	4	Ceratophryidae	<i>Telmatobius vilamensis</i>	2,50
	5	Ceratophryidae	<i>Telmatobius halli</i>	2,43
	6	Cycloramphidae	<i>Alsodes pehuenche</i>	2,38
	7	Cycloramphidae	<i>Alsodes tumultuosus</i>	2,38
	8	Ceratophryidae	<i>Telmatobius chusmisensis</i>	2,38
Prioridad Media	1	Cycloramphidae	<i>Alsodes gargola</i>	2,29
	2	Cycloramphidae	<i>Alsodes vittatus</i>	2,29
	3	Cycloramphidae	<i>Atelognathus ceii</i>	2,29
	4	Cycloramphidae	<i>Eupsophus migueli</i>	2,25
	5	Cycloramphidae	<i>Rhinoderma rufum</i>	2,21
	6	Ceratophryidae	<i>Alsodes cantillanensis</i>	2,14

Prioridad Baja	7	Ceratophryidae	<i>Telmatobius pefauri</i>	2,14
	8	Calyptocephalellidae	<i>Telmatobufo bullocki</i>	1,96
	9	Ceratophryidae	<i>Telmatobius peruvianus</i>	1,88
	1	Cycloramphidae	<i>Insuetophrynus acarpicus</i>	1,53
	2	Cycloramphidae	<i>Alsodes vanzolinii</i>	1,43
	3	Cycloramphidae	<i>Alsodes barrioi</i>	1,35
	4	Cycloramphidae	<i>Eupsophus altor</i>	1,29
	5	Calyptocephalellidae	<i>Telmatobufo venustus</i>	1,25
	6	Calyptocephalellidae	<i>Calyptocephalella gayi</i>	1,23
	7	Ceratophryidae	<i>Telmatobius marmoratus</i>	1,20
	8	Cycloramphidae	<i>Rhinoderma darwinii</i>	1,18
	9	Calyptocephalellidae	<i>Telmatobufo australis</i>	1,18
	10	Bufoidea	<i>Rhinella spinulosa</i>	1,14
	11	Cycloramphidae	<i>Alsodes verrucosus</i>	1,13
	12	Cycloramphidae	<i>Eupsophus vertebralis</i>	1,13
	13	Leiuperidae	<i>Pleurodema marmoratum</i>	1,13
	14	Bufoidea	<i>Rhinella atacamensis</i>	1,13
	15	Cycloramphidae	<i>Eupsophus contulmoensis</i>	1,11
	16	Cycloramphidae	<i>Alsodes montanus</i>	1,07
	17	Cycloramphidae	<i>Eupsophus roseus</i>	1,05
	18	Bufoidea	<i>Rhinella arunco</i>	1,05
	19	Bufoidea	<i>Rhinella rubropunctata</i>	1,05
20	Cycloramphidae	<i>Alsodes monticola</i>	1,03	
21	Cycloramphidae	<i>Eupsophus insularis</i>	1,02	
22	Ceratophryidae	<i>Batrachyla nibaldoi</i>	1,00	

Sin Prioridad	1	Cycloramphidae	<i>Alsodes nodosus</i>	0,98
	2	Cycloramphidae	<i>Alsodes valdiviensis</i>	0,96
	3	Cycloramphidae	<i>Eupsophus calcaratus</i>	0,93
	4	Cycloramphidae	<i>Hylorina sylvatica</i>	0,93
	5	Cycloramphidae	<i>Alsodes norae</i>	0,88
	6	Ceratophryidae	<i>Batrachyla taeniata</i>	0,88
	7	Cycloramphidae	<i>Eupsophus nahuelbutensis</i>	0,88
	8	Calyptocephalellidae	<i>Telmatobufo ignotus</i>	0,86
	9	Ceratophryidae	<i>Batrachyla leptopus</i>	0,83
	10	Cycloramphidae	<i>Alsodes hugoi</i>	0,81
	11	Cycloramphidae	<i>Alsodes kaweshkari</i>	0,81
	12	Ceratophryidae	<i>Atelognathus salai</i>	0,80
	13	Bufo	<i>Nannophryne variegata</i>	0,80
	14	Leiuperidae	<i>Pleurodema bufonina</i>	0,78
	15	Leiuperidae	<i>Pleurodema thaul</i>	0,78
	16	Cycloramphidae	<i>Eupsophus septentrionalis</i>	0,76
	17	Ceratophryidae	<i>Chaltenobatrachus grandisonae</i>	0,76
	18	Cycloramphidae	<i>Alsodes igneus</i>	0,75
	19	Cycloramphidae	<i>Eupsophus emiliopugini</i>	0,70
	20	Ceratophryidae	<i>Batrachyla antartandica</i>	0,59
	21	Cycloramphidae	<i>Alsodes australis</i>	0,48

La delimitación para cada categoría de prioridad se determinó a través de cuartiles con intervalos (Figura 3) entre $Q_1 = 0,10$, $Q_2 = 1,67$ y $Q_3 = 2,33$ que permitió categorizar cuatro nivel de prioridad, explícitamente: (1) Sin prioridad (P= 0,33 a 0,99): se incorporaron 21 especies correspondiente al 35% del total analizado, (2) Prioritaria baja (P= 1,00 a 1,66: esta categoría incluye 22 especies equivalente al 36,7% de especies consideradas, (3) Prioridad media (P= 1,67 a 2,32): incluye a nueve especies equivalente al 15% y (4) Prioridad alta (P= 2,33 a 3,00): incluye a ocho especies que equivale al 13,3% del total analizado. Al comparar los valores estimados de cada criterio (Tabla 4) entre la especie con índice P mayor (*T. dankoi*) y menor (*A. australis*), se observa que las mayores diferencias se producen en los criterios de la dimensión distribucional (GISGE, AHA, AOO y EOO), dimensión poblacional (NIAM y TPBL) y la dimensión de gestión territorial (PROTE) (Figura 4). En este caso particular, el criterio PROTE es determinante en el cálculo de Priorización.

En el análisis de los géneros más amenazados en la evaluación del criterio DISGE (Figura 5. A) se encuentran *Atelognathus*, *Batrachyla*, *Chaltenobatrachus*, *Eupsophus*, *Insuetophrynus* y *Telmatobius*. Para el criterio AHA (Figura 5. B) los géneros en riesgo corresponden a *Alsodes*, *Batrachyla*, *Eupsophus*, *Insuetophrynus* y *Telmatobius*. En el caso de criterio AOO (Figura 5. C) quedan incluidos los géneros *Atelognathus*, *Insuetophrynus* y *Telmatobius*. En el criterio EOO (Figura 5. D) se incluyen los géneros *Alsodes*, *Atelognathus*, *Batrachyla*, *Insuetophrynus* y *Telmatobius*. Esta perspectiva determina que los géneros críticos para la dimensión distribucional corresponden a *Insuetophrynus* y *Telmatobius*. En la evaluación de NIAM (Figura 5. E) los géneros con mayor valor corresponden a *Alsodes*, *Batrachyla*, *Calyptocephalella*, *Eupsophus*, *Insuetophrynus*, *Rhinella*, *Rhinoderma*, *Telmatobius* y *Telmatobufo*. Para el criterio TPBL (Figura 5. F) destacan los géneros *Alsodes*, *Batrachyla*, *Calyptocephalella*, *Eupsophus*, *Hylorina*, *Insuetophrynus*, *Nannophryne*, *Rhinella*, *Rhinoderma*, *Telmatobius* y *Telmatobufo*. En el análisis de Dimensión Proyección Poblacional se observa que el 64% de los géneros tienen

valor máximo. Por otro lado, al evaluar SINTA (Figura 5. G) los géneros representativos son *Calyptocephalella*, *Chaltenobatrachus*, *Hylorina* e *Insuetophrynus*. Para el criterio TAM (Figura 5. H) solo una especie correspondiente al género monotípico *Calyptocephalella* alcanza un tamaño corporal mayor. Por el carácter denominador del criterio PROTE en la ecuación 2, el género *Telmatobius* representa una valoración crítica para la evaluación de la dimensión Gestión territorial (Figura 5. I). A nivel de géneros, *Telmatobius* representa un 77,8% de valores máximos en los criterios evaluados, lo sigue *Insuetophrynus* con un 66,7% y *Batrachyla* con un 55,6% de valores máximos evaluados.

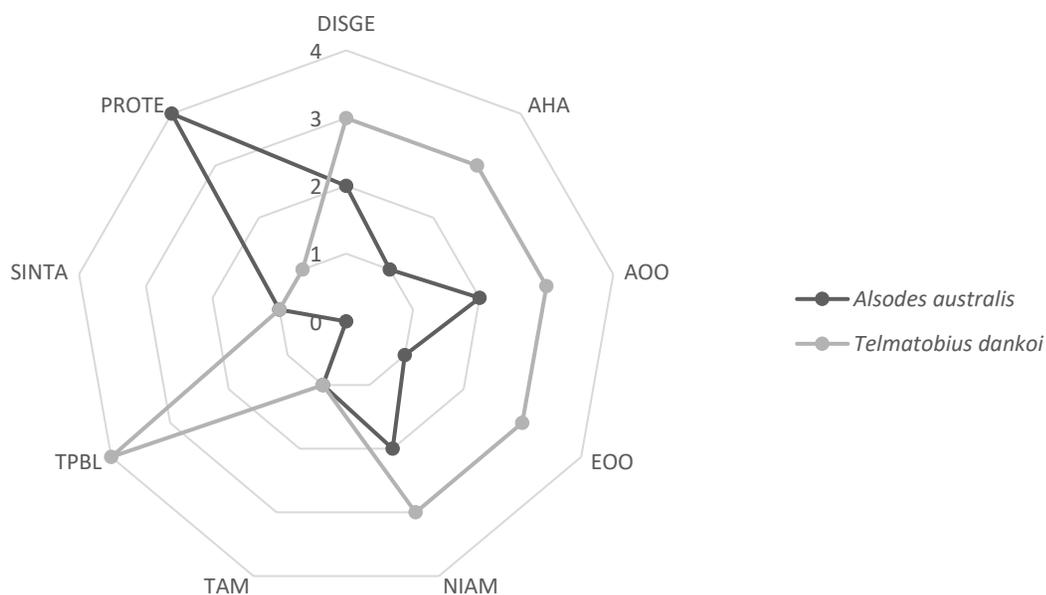
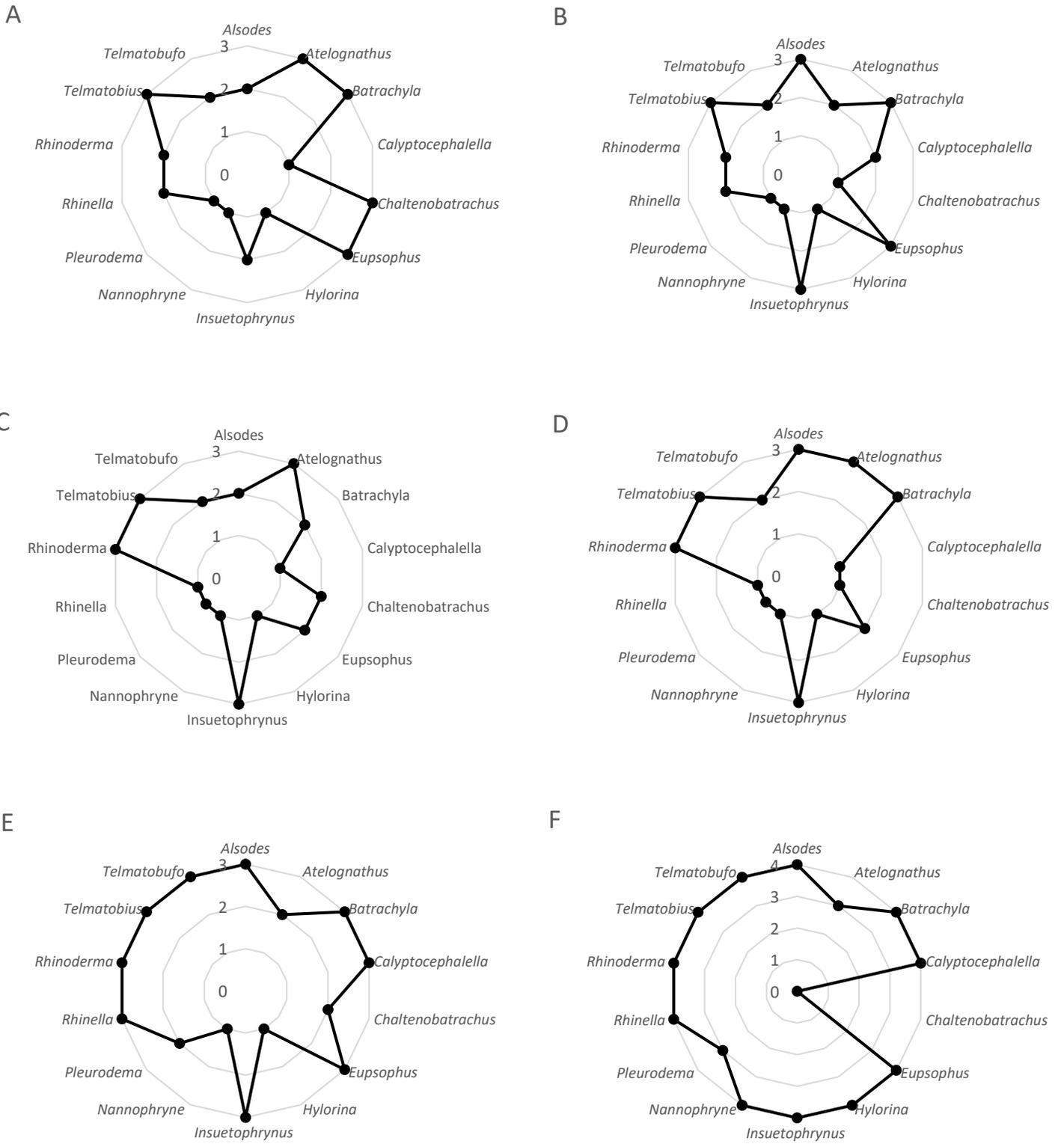


Figura 4. Comparación de evaluación de criterios para especies de mayor valor *P* (*Telmatobius dankoi*) con especie con valor de *P* menor (*Alsodes australis*). Distribución geográfica (DISGE), Amplitud de hábitat (AHA), Área de Ocupación (AOO), Extensión de presencia (EOO), Nivel de amenaza (NIAM), Tendencia poblacional (TPBL), Singularidad taxonómica (SINTA), Tamaño corporal (TAM), Protección Territorial (PROTE).



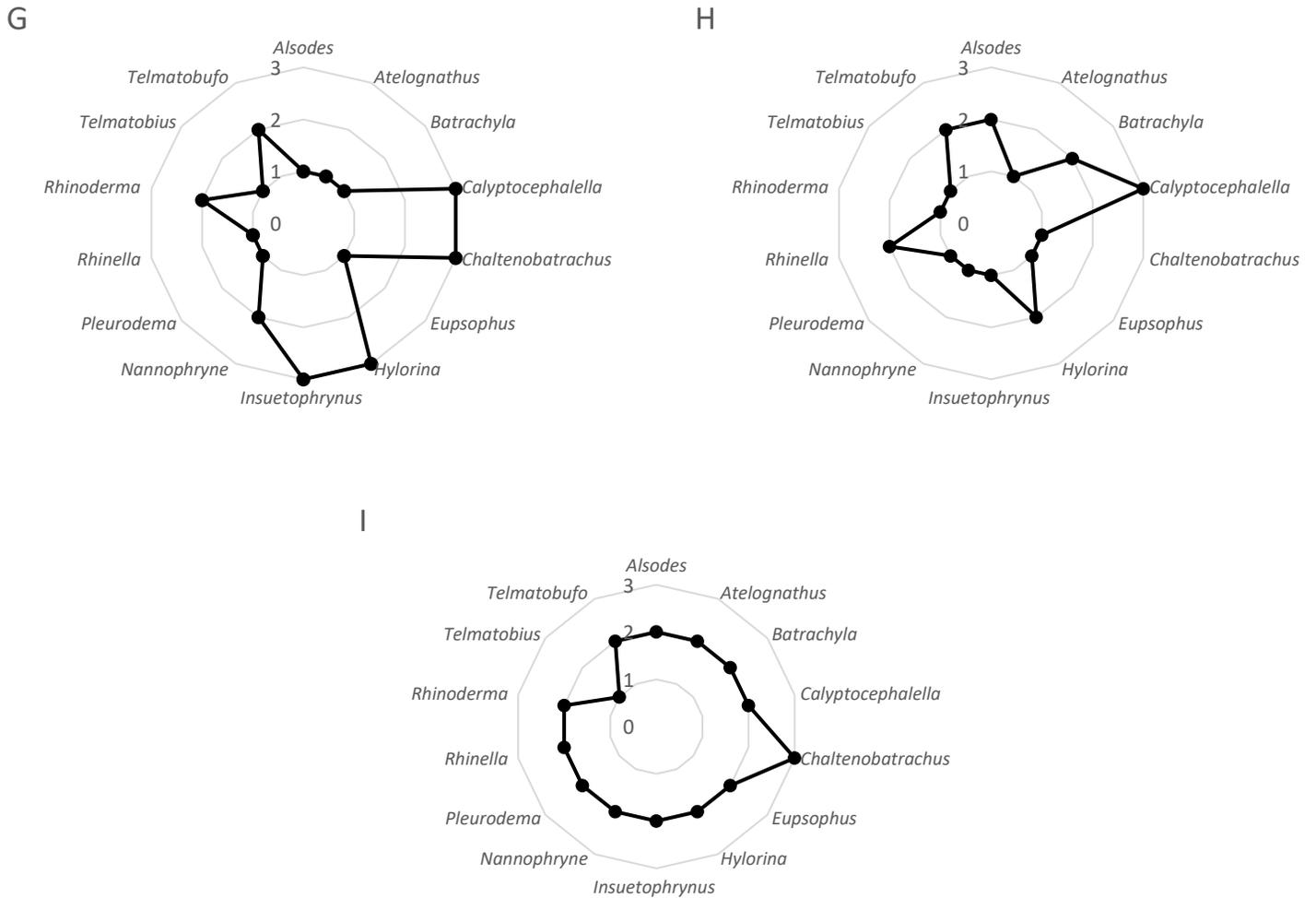


Figura 5. Comparación de criterios por cada género de anfibios evaluado. A. DISGE (Distribución geográfica), B. AHA (Amplitud de hábitat), C. AOO (Área de Ocupación), D. EOO (Extensión de presencia), E. NIAM (Nivel de amenaza), F. TPBL (Tendencia poblacional), G. SINTA (Singularidad taxonómica), H. TAM (Tamaño corporal), I. PROTE (Protección Territorial).

DISCUSIÓN

El esfuerzo requerido para proteger la biodiversidad amenazada en todo el mundo supera enormemente los recursos disponibles para conservarlos (Myers et al., 2000), lo que genera la necesidad de identificar prioridades (Díaz-Páez et al., 2004). Si bien, estas prioridades son ampliamente discutidas, la falta de consensos metodológicos como, por ejemplo, respecto de la escala de estudio implican una profundización mayor (Dinerstein et al., 1995, Brook et al., 2010).

Según el análisis del cálculo de Prioridad de conservación, las especies *T. dankoi*, *T. fronteriensis*, *T. philippii* y *T. vilamensis* comparten la máxima prioridad para la conservación a nivel nacional (P=2,50). Específicamente, se logró identificar similitud en la valoración cuantificable de sus criterios evaluados, siendo determinantes su limitada distribución espacial, proyección poblacional altamente amenazada y además de carecer de áreas de protección territorial (MMA, 2021; IUCN, 2021). Esto es consistente con la determinación de las categorías de conservación a través del análisis de Prioridad, donde se apreció un comportamiento análogo en la valoración de criterios para las especies clasificadas como Prioridad alta, puesto que, mayormente los criterios son categóricos en su rango distribucional, proyección poblacional y protección territorial (Cuevas & Formas, 2003; Lavilla et al., 2010; Úbeda et al., 2012; Charrier et al., 2015; Charrier, 2019; Méndez & Vila, 2020; IUCN, 2021; MMA, 2021). El hecho de que estas especies estén clasificadas como prioritarias refleja el estado actual de su conservación en Chile. Según datos del propio Ministerio de Medio Ambiente, durante el año 2015, ejecutó el proyecto Conservación y Educación Ambiental en *T. dankoi*; la rana en Peligro del Río Loa (Fondo de Protección Ambiental, 2015), que luego, en el año 2019 generó una reacción de rescate dado que la vertiente Las Cascadas (único hábitat conocido de la ranita del Loa = *T. dankoi*), en el oasis de Calama, dado que experimentó una gran alteración bajando su caudal al mínimo. Esto obligó al Ministerio del Medio Ambiente, a expertos en anfibios y al Museo de

Historia Natural de Calama a realizar un rescate y relocalización de los individuos capturados para su traslado a la Quebrada Ojos de Opache (62 ejemplares) y al Zoológico Nacional (14 ejemplares) (MMA, 2020). Si bien, estas señales fueron oportunamente entregadas a las autoridades por evaluaciones de investigadores individuales, la sistematización de prioridad para el resto de las especies anfibias del país es inexistente, posicionando a este estudio como una herramienta de decisión en la conservación de su biodiversidad.

Estos resultados muestran además que, si bien algunas especies presentan un alto grado de amenaza en las categorías IUCN y RCE, estas se despliegan en rangos distribucionales más amplios y en algunos casos, un porcentaje de sus poblaciones están inmersas en un área de protección territorial (e.g. *Alsodes barrioi*, *Alsodes montanus*, *Alsodes verrucosus*, *Eupsophus altor*, *Eupsophus insulares*, *Telmatobufo venustus* y *Pleurodema marmoratum*). De este modo, especies como *Insuetophrynus acarpicus*, *Alsodes vanzolinii* y *Eupsophus contulmoensis*, las cuales, a pesar de ser endémicas o microendémicas, poseen un rango de distribución restringido a su localidad tipo y alto nivel de amenaza (Parada et al., 2017; Charrier, 2019), fueron categorizadas con Prioridad baja debido a que una fracción de sus poblaciones (<50%) ya están incluidas dentro de un área protegida (Mella-Romero, 2018; Correa, 2019; Charrier, 2019). Por el contrario, las especies Sin Prioridad (e.g. *A. australis*) comparten una distribución geográfica más amplia con al menos un 25% de la población integrada en un área protegida (Veloso & Núñez, 2003; Úbeda et al., 2004; Ortiz & Ibarra-Vidal, 2005; Vidal, 2008; Charrier, 2019; Méndez & Vila, 2020; IUCN, 2021; MMA, 2021).

Para la evaluación del índice de priorización se utilizaron criterios estandarizados y adaptados específicamente para los anfibios chilenos. Los valores de prioridad son altos para las especies pertenecientes a los géneros de *Telmatobius* y *Alsodes*, para ambos casos los criterios determinantes son aquellos de dimensión distribucional, proyección

poblacional y gestión territorial los cuales representan en su mayoría valores máximos. En particular, la implementación de PROTE como criterio de dimensión gestión territorial está relacionado con el éxito y costos en la conservación o recuperación de especies a priorizar (García et al., 2010). Este criterio es determinante en el cálculo propuesto de prioridad, puesto que, en el caso de los anfibios la creación de un área protegida privada o gubernamental, fortalece considerablemente la protección de especies ante la pérdida de hábitat y amenazas potenciales (Young et al., 2004). Sin embargo, algunos autores especifican que una especie puede encontrarse en riesgo de amenaza aun habitando áreas protegidas (Giraudó et al., 2012), ya sea por una incorrecta gestión y/o implementación o por una superficie inadecuada para las especies presentes (Grigera & Úbeda, 2000; Giraudó et al., 2003; Arzamendia & Giraudó, 2004; Úbeda & Grigera, 2007).

Establecer categorías de conservación permite determinar el nivel de amenaza de las especies (Given & Norton, 1993). En Chile, el 70% de los anfibios analizados se encuentran en alguna categoría de amenaza por el RCE, por lo que surge proveer preferencia a unas especies por sobre otras menos importantes (Given & Norton, 1993). De esta manera, especies categorizadas en CR y EN (RCE) no son prioritarias en el cálculo de P, específicamente 7 de estas especies son catalogadas como Prioridad media, 11 en Prioridad baja y 5 sin Prioridad.

La priorización de especies se ha convertido en un pilar fundamental para la conservación (Game et al., 2013). Al igual que las categorías de conservación, estas listas de especies prioritarias utilizan un análisis multivariado a través de criterios individuales puntuados proporcionando un perfil para cada especie. Con esta perspectiva, es posible agrupar especies con similares perfiles de amenaza o prioridad (e.g. *T. dankoi*, *T. fronteriensis*, *T. philippii* y *T. vilamensis*), ya que tales especies tienen problemas de gestión similares (Given et al., 1993)

Los métodos cuantitativos para la categorización de anfibios en Chile tienen un alto grado de dificultad por la falta de información disponible donde en general se carece de datos sobre la abundancia de taxones y su certera distribución geográfica (Cofré & Marquet, 1999; Díaz-Páez & Ortiz, 2003), esta puede deberse por falta de datos y/o error de medición (Giraudó et al., 2012). La escasez de datos implica uno de los principales problemas para la conservación de biodiversidad en el hemisferio centro-sur de América (Ojeda & Mares, 1989). La necesidad del levantamiento de información de monitoreo en las poblaciones de anfibios es relevante para el conocimiento de la abundancia y declinaciones de estas (Díaz-Páez & Ortiz, 2003; Lobos et al., 2013). La incertidumbre de datos en esta perspectiva puede ser abordada de forma inadecuada, ya que una especie puede ser categorizada como Insuficientemente Conocida sin ser el caso (Giraudó et al., 2012).

Analizar la prioridad de conservación de las especies en conjunto a las potenciales amenazas de extinción dentro de un área geográfica en particular, permitiría la gestión adecuada para la preservación de la biodiversidad (Cofre & Marquet, 1999). En la categoría Prioridad alta, especies como *T. vilamensis*, *T. chusmisensis*, *T. halli* y *T. philippii*, habitan en cercanía a la Reserva Nacional Alto Loa (Méndez & Vila, 2020; iNaturalist), donde una posible extensión geográfica de la reserva favorecería la protección simultánea de estas especies. Por su parte, el fortalecimiento de las áreas protegidas y la mejora de políticas públicas estratégicas son fundamentales para asegurar la sobrevivencia y continuidad de los anfibios en el territorio nacional (Young et al., 2004).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaya-Espinel, J. D.; Gómez, M. F.; Amaya-Villarreal, A. M.; Velásquez-Tibatá, J. & Renjifo, L. M. (2011). Guía metodológica para el análisis de riesgo de extinción de especies en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
- Anajeva, N., Uteshev, V., Orlov, V. & Gakhova, E. (2015). Strategies for conservation of endangered amphibian and reptile species. *Biology Bulletin*, 42(5), 432–439. doi: 10.1134/S1062359015050027
- Anderson, S. C., Farmer, R. G., Ferretti, F., Houde, A. M., Hutchings, J. A. (2011). Correlates of vertebrate extinction risk in Canada. *BioScience*, 61(7), 538-549. doi: 10.1525/bio.2011.61.7.8
- Araujo N. R, Mueller, R., Nowicki C. & Ibisch P. L. (Eds.) (2010) Análisis de Vacíos de Representatividad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia. SERNAP/GEFII. FAN/TROPICO/CEP/NORDECO. Santa Cruz, Bolivia: Editorial FAN
- Arroyo, M. T. K., Marquet, P. A., Marticorena, C., Simonetti, J. A., Cavieres, L., Squeo, F. & Rozzi, R. (2004). Chilean winter rainfall-Valdivian forests. In: R. A. Mittermeier, P. R. Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C. G. Mittermeier, J. Lamoreux & G. A. B. da Fonseca (Eds.), *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Wealthiest and most Threatened Ecosystems* (pp. 99-103). D.F., México: CEMEX.
- Arzamendia, V. & Giraudo, A. R. (2004). Usando patrones de biodiversidad para la evaluación y diseño de áreas protegidas: Las serpientes de la provincia de Santa Fe (Argentina) como ejemplo. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77(2), 335-348. doi: 10.4067/S0716-078X2004000200011
- Asaad, I., Lundquist, C. J., Erdmann, M. V. & Costello M. J. (2017). Ecological criteria to identify areas for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 213, 309-316. doi: 10.1016/j.biocon.2016.10.007

- Bachman, S., Moat, J., Hill, A. W., de Torre, J., & Scott, B. (2011). Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: geospatial conservation assessment tool. *ZooKeys*, 150, 117–126. doi: 10.3897/zookeys.150.2109
- Baillie, J.E.M., Hilton-Taylor, C. & Stuart, S.N. (Eds.). (2004). *IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment*. Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, Gland
- Begon, M., Townsend, C., & Harper, J. (2006). *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4th edition. Blackwell publishing.
- Benoit, I. L. (Ed.). (1989). *Libro rojo de la flora terrestre de Chile*. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile: Impresiones Comerciales S.A.
- Blaustein, A. R. & Wake, D. B. (1990). Declining amphibian populations: A global phenomenon?. *Trends in Ecology and Evolution*, 5(7), 203-204.
- Bonacic, C., Riquelme-Valeria, P., Leichtle, J. & Sallaberry-Pincheira, N. (2015). *Guía de campo: Anfibios y Reptiles de la región de Tarapacá*. doi: 10.13140/RG.2.1.2769.3208
- Brooks, T. M. (2010). Conservation planning and priorities. In N. Sodhi & P. Ehrlich (Eds.), *Conservation Biology for All*. (pp. 199-215). New York, EEUU: Oxford University Press Inc.
- Brooks, T., Mittermeier, R., Fonseca, G., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J., Mittermeier, C., Pilgrim, J. & Rodrigues, A. (2010). Global biodiversity conservation priorities: an expanded review. In: J. C. Lovett & D. G. Ockwell. (Eds.), *A Handbook of Environmental Management*. (pp.8-29). Cheltenham, Uk: Edward Elgar
- Brooks, T. M.; Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Mittermeier, C. G., Pilgrim, J. D. & Rodrigues, A. S. (2006). Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science*, 313(5783), 58-61. doi: 10.1126/science.1127609

- Butchart, S. H., Resit Akçakaya, H., Chanson, J., Baillie, J. E. M., Collen, B., Quader, S., Turner, W. R., Rajan, A. A., & Stuart, S. N. (2007). Improvements to the red list index, *PLoS One*, 2(1), e140. doi: 10.1371/journal.pone.0000140
- Cardillo, M. (2006). Biological determinants of extinction risk: why are smaller species less vulnerable?. *Animal conservation*, 6 (1), 63-69. doi: 10.1017/S1367943003003093
- Cardillo, M. & Bromham, L. (2001). Body Size and Risk of Extinction in Australian Mammals. *Conservation Biology*, 15(5), 1435-1440. doi: 10.1111/j.1523-1739.2001.00286.x
- Case, T. J., Bolger, D. T. & Richman, A. D. (1998). Reptilian Extinctions Over the Last Ten Thousand Years. In: P. L. Fiedler & P. M. Kareiva (Eds.) *Conservation Biology* (pp. 91-125). Boston, MA: Springer
- Catenazzi, A. (2015). State of the world's amphibians. *Annual Review of Environment and Resources*, 40(1), 91-119. doi: 10.1146/annurev-environ-102014-021358
- Celis-Diez, J. L., Charrier, A., Garín, C. & Ippi, S. (2011). *Fauna de los bosques templados de Chile, guía de campo*. Concepción, Chile: Corporación Chilena de la Madera.
- Charrier, A. (2019). *Guía de Campo Anfibios de los Bosques de la Zona Centro Sur y Patagonia de Chile*. Chile: Corporación Chilena de la Madera,
- Charrier, A., Correa, C., Castro, C. & Méndez, M. (2015). A new species of Alsodes (Anura: Alsodidae) from Altos de Cantillana, Central Chile. *Zootaxa*, 3915(4), 540-550. doi: 10.11646/zootaxa.3915.4.5
- Cofré, H. & Marquet, P. A. (1999). Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. *Biological Conservation*, 88(1), 53-68. doi: 10.1016/S0006-3207(98)00090-1
- Correa, C. (2019). Nueva lista comentada de los anfibios de Chile (Amphibia, Anura). *Boletín Chileno de Herpetología*, 6, 1-14. ISSN: 0719-6172

- Correa, C., Cisternas, J. & Correa-Solís, M. (2011). Lista comentada de las especies de anfibios de Chile (Amphibia: Anura). *Boletín de Biodiversidad de Chile*, 6, 1-21. ISSN-e 0718-8412
- Correa, C., Donoso, J. P. & Ortiz, J. C. (2016). Estado de conocimiento y conservación de los anfibios de Chile: una síntesis de los últimos 10 años de investigación. *Gayana (Concepción)*, 80(1): 103-124. doi: 10.4067/S0717-65382016000100011
- Correa, C. & Méndez, M. A. (2018). Anfibios. En: Ministerio del Medio Ambiente. (Eds.) *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos*. (pp. 155-164). Santiago, Chile.
- Correa, C., Núñez, J. J. & Méndez M. A. (2008). Hipótesis filogenéticas de anfibios. En M. Vidal & A. Labra. *Herpetología de Chile*. Santiago, Chile: Science Verlag
- Cuevas, C. & Formas, R. (2005). A new frog of the genus *Alsodes* (Leptodactylidae) from the Tolhuaca National Park, Andes Range, southern Chile. *Amphibia-Reptilia*, 26(1), 39-48. doi: 10.1163/1568538053693288
- Cuevas, C. & Formas, R. (2003). Cytogenetic analysis of four species of the genus *Alsodes* (Anura: Leptodactylidae) with comments about the karyological evolution of the genus. *Hereditas*, 138(2), 138–147. doi: 10.1034/j.1601-5223.2003.01677.x
- Daszak, P., Cunningham, A. A. & Hyatt, A. D. (2003). Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity and Distributions*, 9(2), 141-150. doi:10.1046/j.1472-4642.2003.00016.x
- Decreto Supremo N°75 de 2005. [Ministerio Secretaria General de la Presidencia]. Aprueba reglamento para la clasificación de especies silvestres. Junio 3 de 2004.
- Díaz-Paéz, H. & Ortiz, J. P. (2003). Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76(3), 509-525. doi: 10.4067/S0716-078X2003000300014
- Díaz-Páez, H., Vidal, M., Berrios, P., Bocaz, P., González, P., Moreno, R., Murillo, W., Rodríguez, S., Sánchez, R., Villagrán-Mella, R., Ortiz, J. & Úbeda, C. (2004) Revisión

- y análisis de los criterios y métodos para la categorización en estados de conservación de las especies de flora y fauna en Chile. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*, 75, 73–89
- Dinerstein, E., Olson, D. M., Graham, D. J., Webster, A. L., Primm, S. A., Bookbinder, M. P. & Ledec G. (1995). A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecosystems of Latin America and the Caribbean. doi: 10.1596/0-8213-3295-3
- Dobson, A. P., Rodriguez, J. P., Roberts, W. M. & Wilcove, D. S. (1997). Geographic distribution of endangered species in the United States. *Science*, 275(5299), 550–553. doi: 10.1126/science.275.5299.550
- Dodd, C. K. (2010). *Amphibian ecology and conservation: a handbook of techniques*. New York, USA: Oxford University Press.
- Duellman, W. E. (1979). The herpetofauna of the Andes: Patterns of distribution, origin, differentiation, and present communities. In: W. Duellman (Ed.), *The South American herpetofauna: Its origin, evolution and dispersal* (pp. 371-459). Lawrence, Kansas: Museum of Natural History
- Durán, A., Casalegno, S., Marquet, P. & Gaston, K. (2013). Representation of Ecosystem Services by Terrestrial Protected Areas: Chile as a Case Study. *PloS ONE*, 8(12), e82643. doi: 10.1371/journal.pone.0082643
- Fibla, P., Sáez, P. A., Salinas, H., Araya, C., Sallaberry, M. & Méndez, M. A. (2017). The taxonomic status of two *Telmatobius* frog species (Anura: Telmatobiidae) from the western Andean slopes of northernmost Chile. *Zootaxa*, 4250(4), 301–314. doi:10.11646/zootaxa.4250.4.1
- Fondo de protección Ambiental. (2015). Conservación y Educación Ambiental en *Telmatobius dankoi*; la rana en Peligro del Río Loa. Descargado desde: <http://www.fpa.mma.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=239228>

- Game, E. T., Kareiva, P. & Possingham, H. P. (2013) Six common mistakes in conservation priority setting. *Conservation Biology*, 27(3), 480–485. doi: 10.1111/cobi.12051
- García, H., Moreno, L. A., Londoño, C. & Sofrony, C. (2010). *Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas: actualización de los antecedentes normativos y políticos, y revisión de avances*. Bogotá, Colombia: Ediprint Ltda.
- Garín, C.F. & Hussein, Y. (Eds.). (2013). *Guía de reconocimiento de anfibios y reptiles de la Región de Valparaíso*. Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago.
- Gascon, C., Collins, J. P., Moore, R. D., Church, D. R., McKay, J. E. & Mendelson, J. R. (Eds.) (2007). Amphibian Conservation Action Plan. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group. Switzerland and Cambridge, UK: Gland,
- Gillespie, G. R, Roberts, J.D., Hunter, D., Hoskin, C. J., Alford, R. A., Heard, G. W., Hines, H., Lemckert, F., Newell, D. & Scheele, B.C. (2020). Status and priority conservation actions for Australian frog species. *Biological Conservation*, 247(5), 108543. doi: 10.1016/j.biocon.2020.108543
- Giraudó, A. R.; Krauczuk, E.; Arzamendia, V. & Povedano, H. (2003). Critical analysis of protected areas in the Atlantic Forest of Argentina: 245-261. In: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara, (Eds.), Atlantic Forest of the South America. Biodiversity status, threats, and outlook. Covelo and London, Washington D.C.: Island Press
- Giraudó, A., Duré, M., Schaefer, E., Lescano, J., Etchepare, E., Akmentins, M., Natale, G., Arzamendia, V., Bellini, G., Ghirardi, R., & Bonino, M. (2012). Revisión de la metodología utilizada para categorizar especies amenazadas de la herpetofauna Argentina. *Cuadernos De Herpetología*, 26(3), 117-130. doi:10.31017/2011
- Given, D. R. & Norton, D. A. (1993). A multivariate approach to assessing threat and for priority setting in threatened species conservation. *Biological Conservation*, 64(1), 57–66. doi:10.1016/0006-3207(93)90383-c

- Glade, A. (Ed.). (1988). Libro rojo de los Vertebrados Terrestres Chilenos. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile: Impresiones Comerciales S.A.
- Grigera, D. & Úbeda, C. (2000). Una comparación de tres métodos para evaluar el estado de conservación de la fauna silvestre, mediante su aplicación a un conjunto de mamíferos patagónicos. *Gestión Ambiental*, 6, 55-71.
- Grigera, D. & Úbeda, C. (2002). Una revisión de los trabajos sobre categorizaciones y prioridades de conservación de los vertebrados de Argentina. *Ecología Austral*, 12(2),163-174.
- Hubbell, S. (2001). On Current Theories of Relative Species Abundance. In: *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography (MPB-32)* (pp. 30-47). Princeton; Oxford: Princeton University Press.
- Ibarra-Vidal, H. (1989). Impacto de las actividades humanas sobre la herpetofauna en Chile. *Comunicaciones del Museo Regional de Concepción*, 3, 33-39.
- Isaac, N. J., Turvey, S. T., Collen, B., Waterman, C. & Baillie, J. E. (2007). Mammals on the EDGE: Conservation Priorities Based on Threat and Phylogeny, *PLoS ONE*, 2(3), e296. doi: 10.1371/journal.pone.0000296
- IUCN (2019). Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 14. Prepared by the Standards and Petitions Committee. From <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>
- IUCN. (2001). IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. Switzerland and Cambridge, U.K.: Gland
- IUCN (2012). IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. Switzerland and Cambridge, UK: Gland
- IUCN (2020). IUCN Red List of Threatened Species 2020-3. Revised March 13, 2021 (IUCN, 2021). Disponible en: www.iucnredlist.org

- IUCN (2021). IUCN Red List of Threatened Species 2021-1. Revised July 03, 2021 (IUCN, 2021). Disponible en: www.iucnredlist.org
- Jofré-Pérez, C. & Méndez, M. (2011) The preservation of evolutionary value of Chilean amphibians in protected areas. In: E. Figueroa (Ed.) *Biodiversity conservation in the Americas: lessons and policy recommendations*. (pp. 81-105) Santiago, Chile: FEN-Universidad de Chile.
- Johnson, K., Baker, A., Buley, K., Carrillo, L., Gibson, R., Gillespie, G., Lacy, R. & Zippel, K. (2018). A process for assessing and prioritizing species conservation needs: going beyond the Red List. *Oryx*, 54(1), 125-132. doi: 10.1017/S0030605317001715
- Keith, D. A, Rodríguez, J. P, Rodríguez-Clark, K. M, Nicholson, E., Aapala, K., Alonso, A., Asmussen, M., Bachman, S., Basset, A., Barrow, E. G., Benson, J. S, Bishop, M. J., Bonifacio, R., Brooks, T. M., Burgman, M. A., Comer, P., Comín, F. A., Essl, F., Langendoen, D. F., Fairweather, P. G., Holdaway, R. J., Jennings, M., Kingsford, R. T., Lester, R. E., Nally, R. M., McCarthy, M. A., Moat, J., Oliveira-Miranda, M. A, Pisanu, P., Poulin, B., Regan, T. J., Riecken, U., Spalding, M. D. & Zambrano-Martínez, S. (2013) Scientific Foundations for an IUCN Red List of Ecosystems. *PLoS ONE*, 8(5), e62111. doi: 10.1371/journal.pone.0062111
- Lavilla, E. O., Ponsa, M. L., Baldo, D., Basso, N., Bosso, A., Céspedes, J., Chebez, J. C., Faivovich, J., Ferrari, L., Lajmanovich, R., Langone, J. A., Peltzer, P., Úbeda, C., Vaira, M. & Vera, F. (2000). Categorización de los anfibios de Argentina. En: Lavilla E. E. Richard & G. Scrocchi (Eds.), *Categorización de los anfibios y reptiles de la República Argentina* (pp. 11-34). San Miguel de Tucumán, Argentina: Asociación Herpetológica Argentina.
- Lavilla, E. O., Úbeda, C., Basso, N. & Blotto, B. (2010). *Alsodes gargola*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014-1. Disponible en: www.iucnredlist.org

Ley 19.300 de 1994. Aprueba Ley Sobre Bases Generales Del Medio Ambiente. Marzo 01-de-1994.

[Ley 20.417 de 2010. Crea El Ministerio, El Servicio De Evaluación Ambiental Y La Superintendencia Del Medio Ambiente. Enero 12 de 2010.](#)

Lobos, G. (2014). Clase Anfibia (Chordata). En: J. Hernández, C. Estades, L. Faúndez & J. Herreros de Lartundo. (Eds.) *Biodiversidad Terrestre de la Región de Arica y Parinacota* (p. 276-277). Santiago, Universidad de Chile: Ministerio del Medio Ambiente,

Lobos, G., Vidal, M., Correa, C., Labra, A., Díaz-Páez, H., Charrier, A., Rabanal, F., Díaz, S. & Tala, C. (2013). Anfibios de Chile, un desafío para la conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología, Santiago, Chile:

Macarthur; R. H. & Wilson, E. O. (2001). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, N.J.: Princeton University Press

Mace, G. & Stuart, S. (1994). Draft IUCN red list categories, Version 2.2. *Species*, 21-22: 13-24

Martín, J.; Arechavaleta, M.; Borges, P. & Faria, B. (2008). Top 100. Las 100 especies amenazadas prioritarias de gestión en la región europea biogeográfica de la Macaronesia. (Eds.). Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias.

Mella-Romero, J. (2018). Presencia de *Alsodes vanzolinii* (Donoso-Barros, 1974) en la Reserva Nacional Nonguén (Región del Bío Bío). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 67(1), 97-101.

Méndez, M. & Vila, I. (2020). Sistematización de la información sobre las especies del género *Telmatobius*, *Orestias* y *Pseudorestias* en Chile. Recuperado de: <http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=0d7d5f>

e1-f80f-4809-8271-282ee6a95308&fname=Informe%20Final%20Telmatobius-Orestias-Pseudorestias%20ID%20608897-24-LE19%20pdf.pdf&access=public

Ministerio de Medio Ambiente. (2020). CORE aprueba recursos para ejecutar estudios de conservación de anfibios altoandinos. Extraído de <https://mma.gob.cl/core-aprueba-recursos-para-ejecutar-estudios-de-conservacion-de-anfibios-altoandinos/>

Ministerio del Medio Ambiente. (2017). Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017 - 2030. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 102 pp

Ministerio del Medio Ambiente. (2014). Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 140 pp.

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 16º Proceso de Clasificación RCE. Disponible en: <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/procesos-de-clasificacion/16o-proceso-de-clasificacion-de-especies-2019/>

Ministerio del Medio Ambiente. (2019). Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 220 pp.

Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T. M, Mittermeier, C. G., Lamoreux, J. & da Fonseca, G. A. B. (Eds.). (2004). *Hotspots Revisted: Earth's Biologically Wealthiest and most Threatened Ecosystems*. D.F., México: CEMEX.

Mittermeier, R. A., Turner, W. R., Larsen, F. W., Brooks, T. M., Gascon, C. (2011). Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. In: F. Zachos & J. Habel. (Eds), *Biodiversity Hotspots*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1.España: Zaragoza

- Muñoz, C. P. (1973). Portada de Chile: plantas en extinción. Disponible en Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile (Ed.). Santiago: Universitaria.
- Murray, B. R. & Hose, G. C. (2005). Life-history and ecological correlates of decline and extinction in the endemic Australian frog fauna. *Austral Ecology*, 30(5), 564-571. doi: 10.1111/j.1442-9993.2005.01471.x
- Myers, N. (2003). Biodiversity Hotspots Revisited. *BioScience*, 53(10), 916-917. doi: 10.1641/0006-3568
- Myers, N. (1990). The biodiversity challenge: expanded hot-spots analysis. *Environmentalist*, 10(4), 243-256. doi: 10.1007/BF02239720.
- Myers, N. (1988). Threatened biotas: 'hotspots' in tropical forests. *Environmentalist*, 8(3), 187-208. doi: 10.1007/BF02240252.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., da Fonseca, G. A. B. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. doi: 10.1038/35002501
- National Research Council. (1992). Conserving Biodiversity: A Research Agenda for Development Agencies. Washington, DC: The National Academies Press
- Núñez, H., Maldonado, V. & Pérez, R. (1997). Reunión de trabajo con especialistas de herpetología para categorización de especies según estados de conservación. *Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)*, 329, 12-19. doi: 10.1046/j.1523-1739.1998.012003502.x
- Ojeda, R. A. & Mares, M. A. (1989). The biodiversity issue and Latin America. *Revista Chilena de Historia Natural*, 62, 185-191.
- Olson, D. & Dinerstein, E. (1998). The global 200: a representative approach to conserving the earth's most biological valuable ecoregions. *Conservation Biology*, 12(3), 502-515. doi: 10.1046/j.1523-1739.1998.012003502.x

- Ormazábal, C. (1993). The conservation of biodiversity in Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 66, 383-402.
- Ortiz, J. C. & Ibarra-Vidal, H. (2005). Anfibios y reptiles de la cordillera de Nahuelbuta. En: C. Smith-Ramirez, J. J. Armesto & C. Valdovinos (Eds.). *Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria
- Parada, E. D., Fenolio, D., Olivares, P. A. & Nuñez, J. J. (2017). *Insuetophrynus acarpicus* Barrio, 1970 (Anura: Rhinodermatidae): new distribution record at the edge of the Valdivian coastal range, southern Chile. *Notes on Geographic Distribution*, [13\(1\)](#): 2034. doi: [10.15560/13.1.2034](https://doi.org/10.15560/13.1.2034)
- Parra, G.; Brown, R.; Hanken, J.; Hedges, B.; Heyer, R.; Kuzmin, S.; Lavilla, E.; Lötters, S., Pimenta, B.; Richards, S.; Rödel, M. O.; De Sá, R. O. & Wake, D. (2007). Systematics and conservation. In: Gascon C., J. P. Collins, R. D. Moore, D. R. Church, J. E. Mckay & J. R. Mendelson III (Eds.). *Amphibian Conservation Action Plan (45-48)*. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group. Switzerland and Cambridge, UK: Gland
- Pérez-Quezada, J. & Rodrigo, P. (2018). Metodologías aplicadas para la conservación de la biodiversidad en Chile. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/171793>
- Pimm, S. L., Russell, G. J., Gittleman, J. L. & Brooks, T. M. (1995). The Future of Biodiversity. *Science*, 269(5222), 347-350. doi:10.1126/science.269.5222.347
- Rau, J. R. (2005). Biodiversidad y colecciones científicas. *Revista chilena de historia natural*, 78(3), 341-342. doi: [10.4067/S0716-078X2005000300001](https://doi.org/10.4067/S0716-078X2005000300001)
- Reca, A., Úbeda, C. & Grigera, D. (1994). Conservación de la fauna de Tetrápodos. Un índice para su evaluación. *Mastozoología Neotropical*, 1(1), 17-28.
- Sarkar, S., Pressey, R. L., Faith, D. P., Margules, C. R., Fuller, T., Stoms, D. M., Moffett, A., Wilson, K. A., Williams, K. J. & Williams, P. H. (2006). Biodiversity conservation planning tools: present status and challenges for the future. *Annual Review of*

Environment and Resources, 31, 123–159. doi:
10.1146/annurev.energy.31.042606.085844

- Scott, J. M., Davis, F., Csuti, B., Noss, R., Butterfield, B., Groves, C., Anderson, H., Caicco, S. L., D'Erchia, F., Edwards, T. C. Jr., Ullman, J. & Wright, R. G. (1993). Gap analysis: a geographic approach to the protection of biological diversity. *Wildlife Monographs* 23, 1-41.
- Simonetti, J. A., Arroyo, M. T., Spotorno, A. E., Lozada, E., Weber, C., Cornejo, L. E., Solervicens, J. & Fuentes, E. R. (1992). Hacia el conocimiento de la diversidad biológica en Chile. En G. Halffter (Ed.) *Diversidad biológica en Iberoamérica* (pp. 250-272). Distrito Federal, México: Acta Zoológica Mexicana.
- Sodhi, N. S. & Ehrlich, P. R. (2010). *Conservation Biology for All*. New York, USA: Oxford University Press
- Stuart, S. N., Hoffmann, M., Chanson, J. S., Cox, N. A., Berridge, R. J., Ramani, P. & Young, B. E. (Eds.) (2008). *Threatened amphibians of the world.*, Barcelona, Spain Lynx Ediciones, IUCN, Gland, Switzerland, and Conservation International, Arlington, Virginia, USA.
- Úbeda, C. A.; Basso, N. G.; Blotto, B.; Martinazzo, L. B. (2012). *Alsodes gargola gargola* Gallardo, 1970. Rana del Catedral. En: Categorización del Estado de Conservación de la Herpetofauna de la República Argentina. Ficha de los Taxones. Anfibios. Cuadernos de Herpetología 26 (Supl. 1), 186.
- Úbeda, C. A. & Grigera, D. (2003). Análisis de la evaluación más reciente del estado de conservación de los anfibios y reptiles de argentina. *Gayana (Concepción)*, 67(1), 97-113. doi:10.4067/S0717-65382003000100012
- Úbeda, C.A. & Grigera, D. (2007). El grado de protección de los anfibios patagónicos de Argentina. *Ecología Austral*, 17(2), 269-279

- Úbeda, C. A., Veloso, A., Núñez, H., Núñez, J., Basso, N. & Blotto, B. (2004). *Alsodes australis*. En: IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009-1. Disponible en: www.iucnredlist.org
- Veloso, A., Núñez, H. & Basso, N. (2004a). *Atelognathus ceii*. En: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009-1. Disponible en: www.iucnredlist.org.
- Veloso, A., Núñez H. & Díaz-Paez, H. (2004b) *Batrachyla nibaldoi*. En: IUCN. 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009-1. Disponible en: www.iucnredlist.org.
- Veloso, A., Núñez, H. & Formas, J. (2004c). *Alsodes hugoi*. En: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009-1. Disponible en: www.iucnredlist.org.
- Veloso, A., Nuñez, H. & Formas, R. (2004d). *Alsodes kaweshkari*. En: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009-1. Disponible en: www.iucnredlist.org
- Veloso, A. & Núñez, H. (2003). Species Data Summaries. Chile Review Workshop, 3-4 octubre 2003. Universidad de Concepción. Global Amphibian Assessment. Documento de Trabajo. No publicado.
- Vidal, M. (Eds.). (2008). Biogeografía de anfibios y reptiles. En M. Vidal & A. Labra. Herpetología de Chile. Santiago, Chile: Science Verlag
- Vidal, M. & Díaz-Páez, H. (2012). Biogeography of Chilean Herpetofauna: Biodiversity Hotspot and Extinction Risk. Global Advances in Biogeography. Dr. Lawrence Stevens (Ed.), ISBN: 978-953-51-0454- 4, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/global-advances-in-biogeography/biogeographyof-the-chilean-herpetofauna-biodiversity-hotspot-and-extinction-risk>
- Vidal, M., Soto, E. & Veloso, A. (2009). Biogeography of Chilean herpetofauna: distributional patterns of species richness and endemism. *Amphibia-Reptilia*, 30(2), 151-171. doi:10.1163/156853809788201108
- Watts, K., Eycott, A., Handley, P., Ray, D., Humphrey, J. & Quine, C. (2010). Targeting and evaluating biodiversity conservation action within fragmented landscapes: an

approach based on generic focal species and least- cost networks. *Landscape Ecology*, 25(9),1305-1318. doi; 10.1007/s10980-010-9507-9

Young, B. E., Stuart S. N., Chanson J. S., Cox N. A. & Boucher T. M. (2004). *Disappearing Jewels: The Status of New World Amphibians*. Arlington, Virginia: NatureServe.

Zumbado, H., García, A. & Searle, C. (2020). Species distribution models predict the geographic expansion of an enzootic amphibian pathogen. *Biotropica*, 53(1), 221-231. doi: 10.1111/btp.12863