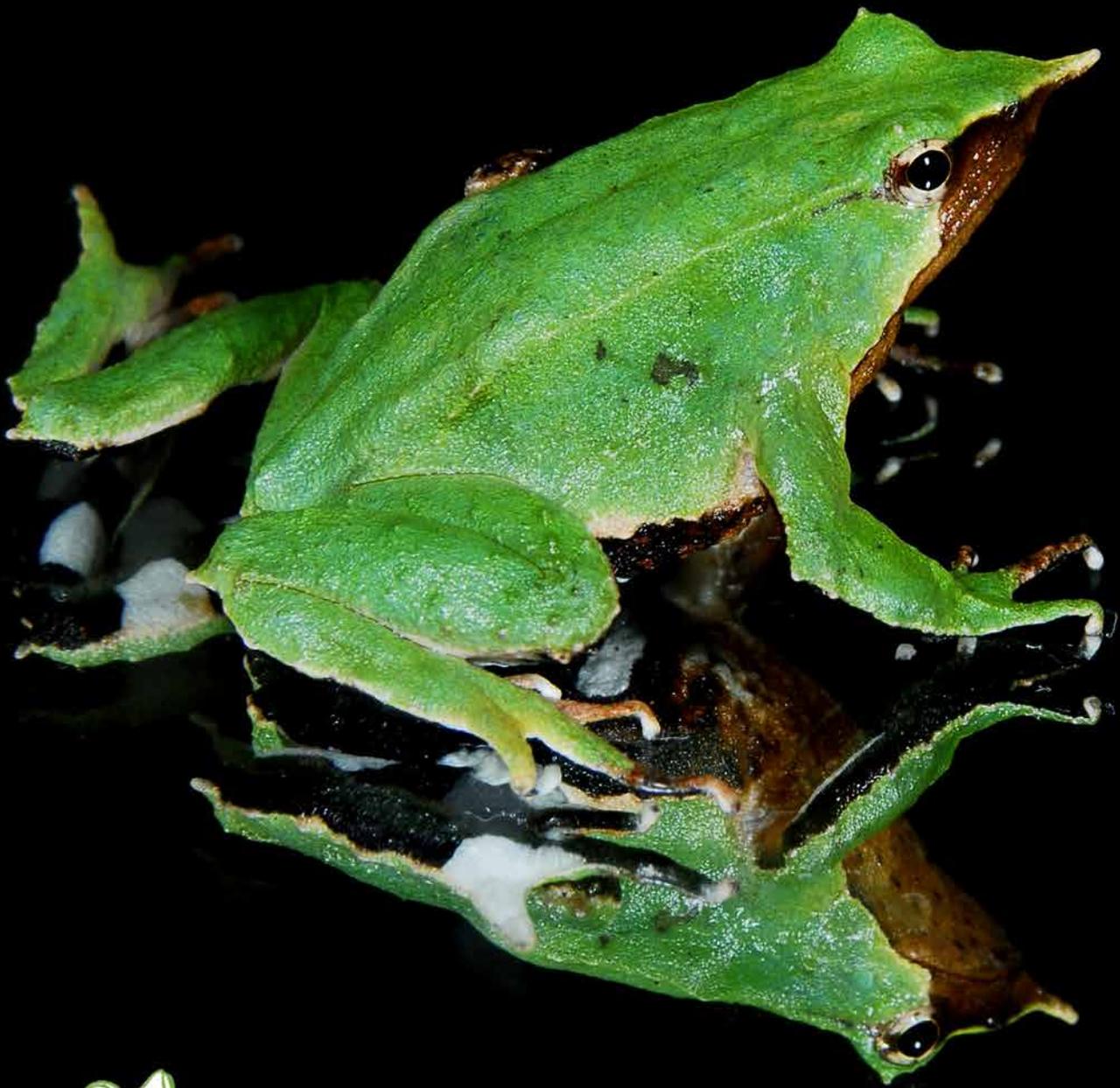


# Estrategia Binacional de Conservación de las Ranitas de Darwin



**Estrategia Binacional de  
Conservación de las  
Ranitas de Darwin**

**Chile - Argentina**

**2018 - 2028**

Estrategia Binacional de Conservación de las Ranitas de Darwin  
Chile - Argentina  
2018 - 2028

[www.estrategiarhinoderma.org](http://www.estrategiarhinoderma.org) - [contacto@estrategiarhinoderma.org](mailto:contacto@estrategiarhinoderma.org)

**Como citar:** UICN Grupo de Especialistas de Anfibios Chile (2018) Estrategia Binacional de Conservación de las Ranitas de Darwin. Santiago, Chile.

### **Fotografías, ilustraciones y diagramas**

Jaime Beltrand Reyes, Archivo ONG Ranita de Darwin (pp. 14, 15, 22, 23, 32, 46, 62, 63)

Daniel Casado, Archivo Fundación Senda Darwin (pp. 58,59)

Camila Castro (pp. 51)

Andrés Charrier (pp. portada, 12, 18, 19, 86, 87)

Soledad Delgado (pp. 21, contraportada)

Mariano de la Maza (pp. 56, 57)

Diego Reyes Arellano (pp. 82, 83)

Claudio Soto (pp. 8, 40, 49)

Andrés Valenzuela, Archivo ONG Ranita de Darwin (pp. 28, 33, 37,81)

### **Diseño y diagramación**

Andrés Valenzuela y Soledad Delgado

Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento para fines no comerciales (excluyendo fotografías e ilustraciones), citando la fuente. Se prohíbe la comercialización de este libro.

Primera edición

2.000 ejemplares

Impreso por A impresores

Los mapas publicados en esta estrategia no implican en ningún caso la expresión de opinión por parte de los individuos e instituciones participantes de esta estrategia en relación con el estado legal de cualquier país, territorio o área, o en relación con los límites fronterizos de Chile y Argentina.





# Prólogo



Es para mí un gran honor el poder escribir estas líneas a modo de presentación a la Estrategia Binacional de Conservación de las Ranitas de Darwin (*Rhinoderma darwinii* y *R. rufum*) (ECRD). He acompañado la gestación de la estrategia desde sus inicios en el 2017 y aún a la distancia he podido ser testigo de la enorme dedicación, tiempo y esfuerzo vertidos en estas páginas. La ECRD es producto de un simposio (más de 300 asistentes), un taller de elaboración de la misma (30 participantes), y un amplio proceso de consulta (47 actores consultados), los cuales contaron con representantes de la academia, gobiernos, ONGs, entidades privadas y sociedad civil. Desde un principio aspiró a ser una iniciativa colectiva, participativa e inclusiva, que de una forma u otra buscó abarcar a todos los actores relevantes. La ECRD es por ende un documento participativo y consensuado entre los actores clave en la conservación de las ranitas de Darwin.

La ECRD se puede dividir en dos componentes principales: el primero es una revisión del estado de conocimiento, la que compila toda la información disponible sobre las ranitas de Darwin. Así, la ECRD reúne todo el conocimiento actual sobre estas especies en un solo lugar. El segundo componente es sobre la estrategia en sí: el procedimiento seguido para su elaboración, las metas, objetivos y acciones, los actores, plazos e indicadores; todos ellos identificados de forma participativa y consensuada en un marco de integración.

Esta es la primera estrategia de conservación a nivel de especie a ser publicada para un anfibio, tanto en Chile como en Argentina, y es la segunda estrategia binacional entre ambos países para una especie compartida (*Rhinoderma darwinii*), siendo la primera dedicada al huemul (*Hippocamelus bisulcus*). En el contexto de su naturaleza binacional, la estrategia busca construir puentes y articulaciones de investigación y conservación no solo entre los diferentes actores, sino también a través de una frontera. Se trata, sin duda, de un trabajo seminal para la elaboración de otras estrategias de conservación de anfibios e incluso para otros grupos en la región.

Finalmente, es importante resaltar que una estrategia de conservación es tan efectiva como el compromiso de todos sus actores. Queda hecha la invitación al lector para unirse a esta gran iniciativa, trabajando hacia la conservación de las ranitas de Darwin y de los hábitats únicos que las albergan.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ariadne Angulo'.

Ariadne Angulo  
Co-Presidente  
IUCN SSC Amphibian Specialist Group



# Acrónimos y abreviaciones

<b>AIFBN</b>	Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo (Chile)
<b>APN</b>	Administración de Parques Nacionales (Argentina)
<b>ASG</b>	Grupo de Especialistas de Anfibios (por su sigla en inglés)
<b>ASP</b>	Área Silvestre Protegida
<b><i>Bd</i></b>	<i>Batrachochytrium dendrobatidis</i>
<b>CONAF</b>	Corporación Nacional Forestal (Chile)
<b>CONICET</b>	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina)
<b>CONICYT</b>	Corporación Nacional de Ciencia y Tecnología (Chile)
<b>ECRD</b>	Estrategia Binacional de Conservación de las Ranitas de Darwin
<b>FHH</b>	Fundación Huilo Huilo (Chile)
<b>MADS</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Argentina)
<b>MERI</b>	Fundación MERI (Chile)
<b>MMA</b>	Ministerio del Medio Ambiente (Chile)
<b>NN</b>	Agrupación Nahuelbuta Natural (Chile)
<b>ONG</b>	Organización No Gubernamental
<b>ORD</b>	ONG Ranita de Darwin (Chile)
<b>PT</b>	Parque Tantauco (Chile)
<b>RCE</b>	Reglamento de Clasificación de Especies (Chile)
<b>RECOGE</b>	Recuperación, Conservación y Gestión de Especies (Planes)
<b>RECH</b>	Asociación Red Chilena de Herpetología (Chile)
<b>SAG</b>	Servicio Agrícola Ganadero (Chile)
<b>SEIA</b>	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (Chile)
<b>SNASPE</b>	Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (Chile)
<b>SSC</b>	Comisión para la Supervivencia de las Especies (por su sigla en inglés)
<b>TAR</b>	Taller de Actores Relevantes
<b>TNC</b>	The Nature Conservancy
<b>UACH</b>	Universidad Austral de Chile
<b>UCH</b>	Universidad de Chile
<b>UdeC</b>	Universidad de Concepción (Chile)
<b>UICN</b>	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN en inglés)
<b>UNAB</b>	Universidad Andrés Bello (Chile)
<b>UNCo</b>	Universidad Nacional del Comahue (Argentina)
<b>Zoo Leipzig</b>	Zoológico de Leipzig (Alemania)
<b>Zoo Nacional</b>	Zoológico Nacional (Chile)

Macho de ranita de Darwin del Sur (*Rhinoderma darwini*)  
criando renacuajos en su saco vocal



# Participantes de la Estrategia Binacional de Conservación de las Ranitas de Darwin

Nombre	Afiliación	Contacto
Mario Alvarado Rybak	Centro de Investigación para la Sustentabilidad, UNAB, Chile	maalry@gmail.com
Ariadne Angulo	IUCN SSC Amphibian Specialist Group	aangulo@amphibians.org
Anne Baker	Amphibian Ark	annebaker@amphibianark.org
Johara Bourke	Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover, Alemania	johara.bourke@gmail.com
Raúl Briones	Programa de conservación de especies, Bioforest, Grupo Arauco, Chile	raul.briones@arauco.cl
Klaus Busse	Museo de Investigación Zoológica Alexander Koenig, Alemania	k.busse@leibniz-zfmk.de
Oswaldo Cabeza	Zoo Nacional, Parque Metropolitano de Chile	ocabezaa@parquemt.cl
Jorge Carrasco	Departamento de Educación Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente, Chile	jcarrascor@mma.gob.cl
Camila Castro	Centro Reproducción de Anfibios, Universidad de Concepción, Chile	castro.carrasco.c@gmail.com
Andrés Charrier	Red Chilena de Herpetología, Chile	acharrier@gmail.com
Gustavo Chiang	Fundación MERI, Chile	gchiang@fundacionmeri.cl
Claudio Correa	Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile	ccorreasp@gmail.com
Martha Crump	Utah State University, Estados Unidos	marty.crump@usu.edu
Guillermo Cubillos Torres	Zoo Nacional, Parque Metropolitano de Chile	gcubillos@parquemt.cl
César Cuevas	Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Universidad Austral de Chile, Chile	csr.cuevas@gmail.com
Andrew Cunningham	Instituto de Zoología, Sociedad Zoológica de Londres, Reino Unido	A.cunningham@ioz.ac.uk
Nicolás Gordon Adam	Gerente Sostenibilidad y Medio Ambiente, Empresas CMPC S.A, Chile	nicolas.gordon@cmpec.cl

Nombre	Afiliación	Contacto
Mariano de la Maza	Departamento de Planificación y Desarrollo, Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, Corporación Nacional Forestal, Chile	mariano.delamaza@conaf.cl
Soledad Delgado Oyarzún	ONG Ranita de Darwin, Chile	soledaddelgadovet@gmail.com
Sandra Díaz Vidal	Departamento de Conservación de Especies, División de Protección de los Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio del Medio Ambiente, Chile	sdiaz@mma.gob.cl
Mauricio Fabry Otte	Parque Metropolitano de Chile	mfabry@parquemet.cl
Edgardo Flores	Nahuelbuta Natural, Chile	edgardtefor@gmail.com
Ramón Formas	Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Universidad Austral de Chile, Chile	rformas@uach.cl
Gemma Harding	DICE - Universidad de Kent, Reino Unido	gemmah20@hotmail.com
Montserrat Lara	Proyecto GEF Alianza Cero Extinción, Ministerio del Medio Ambiente, Chile	mlara@mma.gob.cl
Esteban Lavilla	Unidad Ejecutora Lillo (UEL), Fundación Miguel Lillo-CONICET, Argentina	eolavilla@lillo.org.ar
Javiera Lucero	Parque Tantauco, Chile	coordinacion.visitantes@parquetantauco.cl
Marco A. Méndez	Laboratorio de Genética y Evolución, Universidad de Chile, Chile	mmendez@u.uchile.cl
Frank Oberwemmer	Zoo Leipzig, Alemania	foberwemmer@zooleipzig.de
Juan Carlos Ortiz	Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile	jortiz@udec.cl
Hernán Pastore	Administración de Parques Nacionales, Argentina	hpastore@apn.gob.ar
Alexandra Peñafiel	Centro de Investigación para la Sustentabilidad, Universidad Andrés Bello, Chile	alexa_444@hotmail.com
Liliana Pezoa	The Nature Conservancy, Reserva Costera Valdiviana, Chile	lpezoa@tnc.org

Nombre	Afiliación	Contacto
Walter Prado	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Argentina	wprado@ambiente.gob.ar
Constanza Quiroga	Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo, Chile	cquirogaroger@gmail.com
Eduardo Raffo Carvajal	División de Protección de los Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero, Región de los Ríos, Chile	eduardo.raffo@sag.gob.cl
Daniel Ramadori	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Argentina	edramadori@ambiente.gob.ar
Leonora Rojas Salinas	Departamento de Conservación de Especies, División de Protección de los Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio del Medio Ambiente, Chile	lrojas@mma.gob.cl
Maximiliano Sepúlveda	Departamento de Planificación y Desarrollo, Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, Corporación Nacional Forestal, Chile	maximiliano.sepulveda@conaf.cl
José Manuel Serrano	Programa de Fisiología y Biofísica, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Chile	jose.rano@gmail.com
Claudio Soto Azat	Centro de Investigación para la Sustentabilidad, Universidad Andrés Bello, Chile	csoto@unab.cl
Charif Tala	Departamento de Conservación de Especies, División de Protección de los Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio del Medio Ambiente, Chile	ctala@mma.gob.cl
Verónica Toledo	Fundación Huilo Huilo, Chile	veronica.toledo@huilohuilo.com
Carmen Úbeda	Universidad Nacional del Comahue, Argentina	alsodes@gmail.com
David Uribe Rivera	ONG Ranita de Darwin, Chile	de.uribe.r@gmail.com
Andrés Valenzuela Sánchez	ONG Ranita de Darwin, Chile	andresvalenzuela.zoo@gmail.com
Sally Wren	IUCN SSC Amphibian Specialist Group	swren@amphibians.org

Hembra y macho de ranita de Darwin del Sur (*Rhinoderma darwini*)  
en actividad reproductiva, realizando abrazo nupcial o amplexo



Contenido	Páginas
1. Resumen ejecutivo	17
2. Visión	21
3. Revisión del estado	25
3.1. El género <i>Rhinoderma</i>	25
3.2. Cuidado parental y desarrollo embrionario	25
3.3. Distribución histórica	28
3.4. Distribución actual	28
3.5. Ecología de <i>Rhinoderma darwinii</i>	29
3.6. Amenazas	38
3.7. Conservación de <i>Rhinoderma</i> spp	49
4. Simposio y taller de actores relevantes	55
5. Estructura de coordinación	61
6. Metas, objetivos y acciones	65
7. Tabla de priorización	85
8. Referencias	89



**Parte 1.**

**Resumen  
ejecutivo**

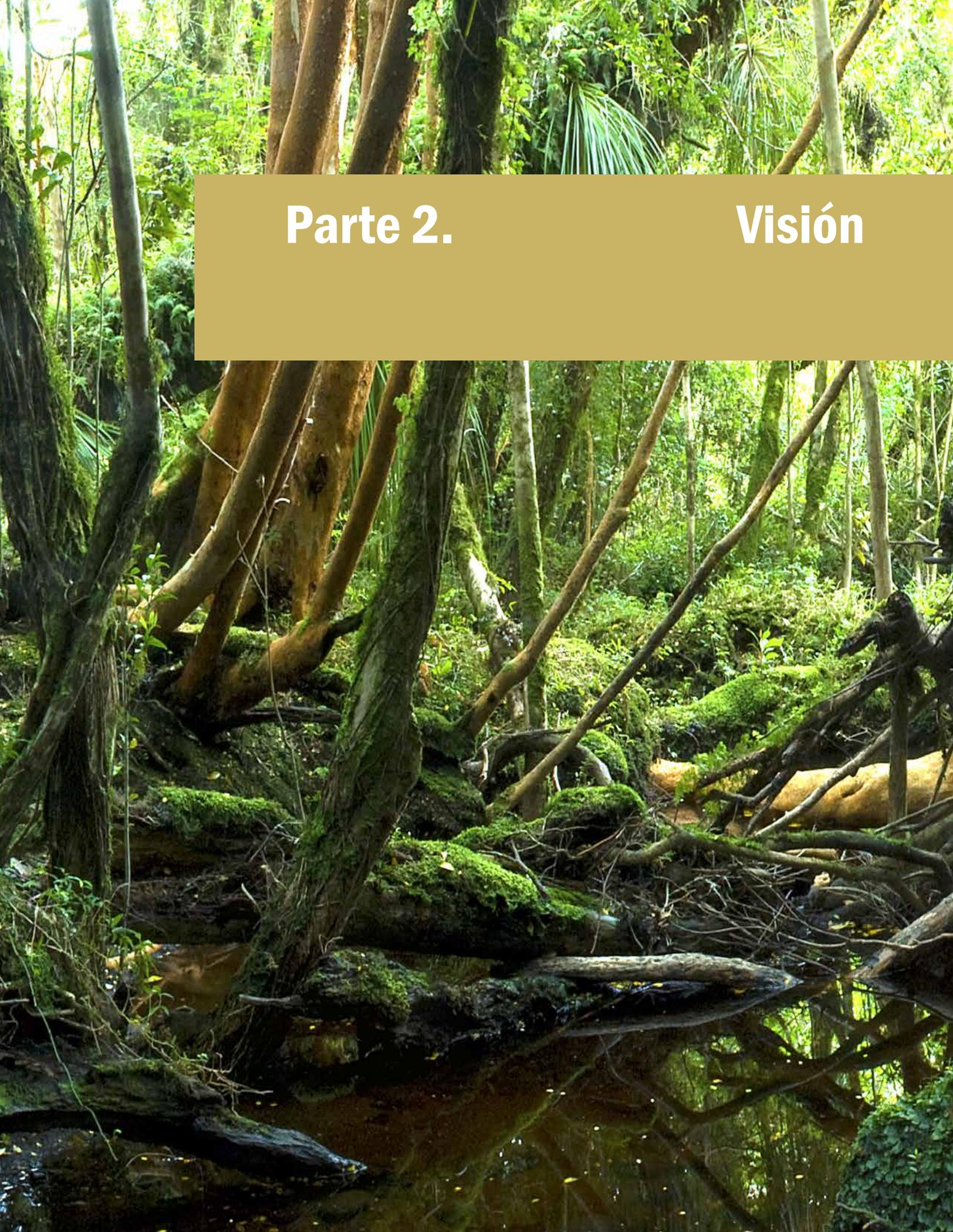




La ranita de Darwin del Norte o sapito vaquero (*Rhinoderma rufum*) y la ranita de Darwin del Sur (*R. darwinii*) son las únicas especies conocidas donde el macho cría a los renacuajos dentro de su saco vocal, un tipo de cuidado parental que es único dentro de las casi 8,000 especies de anfibios conocidos en el mundo. La distribución histórica de *R. rufum* se extiende casi exclusivamente a lo largo de la cordillera de la Costa de Chile, desde Zapallar (Región de Valparaíso) hasta Ramadillas (Región del Biobío). Por otra parte, la distribución histórica de *R. darwinii* en Chile ocupa un área que comprende tanto las cordilleras de la Costa y de los Andes desde Concepción (Región del Biobío) hasta Aysén (Región de Aysén), incluyendo un área de la Cordillera de los Andes de Argentina, en las provincias de Neuquén y Río Negro. También existen registros de esta especie en partes de la depresión intermedia del centro sur de Chile entre Temuco y el sur de Valdivia. Lamentablemente, *R. rufum* no ha sido observada desde 1981 y en la actualidad está categorizada como En Peligro Crítico de extinción (Posiblemente Extinta) por la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Diversas poblaciones históricas de *R. darwinii* han desaparecido durante los últimos 40 años, pero desde el año 2000, existen registros de la persistencia de al menos 66 poblaciones locales de esta especie en Chile y Argentina. Sin embargo, estas poblaciones son generalmente pequeñas (<100 individuos) y se encuentran altamente aisladas, algunas presentando un alto riesgo de extinción debido a amenazas como la pérdida y degradación del hábitat, la quitridiomycosis y el cambio climático. Esta situación ha llevado a que *R. darwinii* sea categorizada como En Peligro de extinción por la UICN. Desde los últimos 10 años ha habido un creciente interés en la investigación y la conservación de ambas especies de ranitas de Darwin. Por ejemplo, en la última década se ha generado el 75% de las publicaciones indexadas en la Web of Science y en el caso de *R. darwinii* en Chile, se han iniciado proyectos de monitoreo a largo plazo de poblaciones silvestres e instalado dos centros de cría en cautiverio con fines de conservación. Por esta razón, creemos que se ha alcanzado un nivel de información e interés adecuados para dar inicio a la planificación estratégica de las actividades dirigidas a la conservación de estas especies, de forma de construir una estrategia de conservación inclusiva que considere a todos los actores relevantes y que se base en evidencia científica para la toma de decisiones.

Siguiendo la metodología de planificación estratégica de especies de la UICN, en septiembre de 2017 se dio inicio a la elaboración de la "Estrategia Binacional de Conservación de las Ranitas de Darwin" (ECRD) con la realización de un simposio en Santiago de Chile, abierto al público general y que reunió a más de 300 asistentes. Este simposio contó con la participación de expositores nacionales e internacionales. En el mismo mes se realizó el taller de actores relevantes en Huilo Huilo, sur de Chile, evento que contó con la presencia de 30 representantes provenientes de organismos públicos y privados, la academia, ONGs y miembros de la sociedad civil. En esta última instancia y durante el trabajo realizado posteriormente, 47 actores relevantes, quienes han conformado la "Alianza Ranita de Darwin", han colaborado de forma activa en la construcción de la presente estrategia. En este documento se presenta una revisión actualizada del estado de las especies del género *Rhinoderma*. También se presenta la visión de la ECRD, donde ambas especies son propuestas como un emblema para la protección de los bosques nativos del sur de Chile y Argentina. La planificación estratégica está sintetizada en 39 acciones, agrupadas en 12 objetivos y 3 metas, que buscan al 2028: 1) generar y sintetizar información clave sobre la biología, manejo y estado de las poblaciones de *Rhinoderma*, 2) reducir las principales amenazas para estas especies de forma de facilitar la auto-sustentabilidad de sus poblaciones, y 3) proveer el soporte financiero, legal y de la sociedad en general a las distintas acciones. Los objetivos de esta estrategia han sido adicionalmente priorizados basados en la opinión de los asistentes al taller de actores relevantes. Cabe destacar que la ECRD tiene como principio básico ser un proceso adaptativo, mediante la publicación y constante actualización de sus acciones y responsables en un documento viviente hospedado en la página web [www.estrategiarhinoderma.org](http://www.estrategiarhinoderma.org). En este lugar se incorporará la nueva evidencia científica generada, así como también a todos los actores de Argentina, Chile y otras partes del mundo que puedan interesarse en llevar a cabo las acciones de conservación propuestas. De esta forma, esta estrategia busca guiar y coordinar los esfuerzos colaborativos de conservación de ambas especies de ranitas de Darwin durante los siguientes 10 años.



A lush tropical forest scene with a stream and moss-covered logs. The image shows a dense forest with many trees, including large tree trunks and a stream in the foreground. The ground is covered in moss and fallen logs. The water in the stream is dark and reflects the surrounding greenery. The overall atmosphere is serene and natural.

**Parte 2.**

**Visión**



Las Ranitas de Darwin, únicas en el mundo por su particularidad reproductiva, son conservadas y valoradas como un emblema para la protección de los bosques nativos del sur de Chile y Argentina





**Parte 3.**

**Revisión del  
estado**





### 3.1. El género *Rhinoderma*

El naturalista inglés Charles Darwin fue el primero en recolectar, para su descripción científica, ejemplares de ranita de Darwin. Darwin encontró esta especie en diciembre de 1834 en la Isla de Lemuy, Archipiélago de Chiloé, durante su viaje a bordo del H.M.S. Beagle (Chancellor & Van Wyhe 2009). En aquella ocasión Darwin registró las siguientes observaciones sobre la especie: "Tiene el iris de color óxido. La pupila negra. —Ojos pequeños. —Apariencia muy bonita y curiosa. —Nariz finamente punteada. —Salta como una rana. Habita densos y oscuros bosques." (Keynes 2000). Los ejemplares recolectados por Darwin fueron enviados primero al Reino Unido y posteriormente a Francia, donde los zoólogos André Marie Constant Duméril y Gabriel Bibron la describieron como *Rhinoderma darwinii* en honor a su colector (Duméril & Bibron 1841).

En 1902, Rodulfo Amando Philippi describió la especie *Heminectes rufus* desde un solo ejemplar recolectado entre 1861 y 1862 por L. Landbek en Vichuquén, Chile central. La descripción de *H. rufus* hace referencia a caracteres morfológicos que podrían atribuirse al género *Rhinoderma*. Sin embargo, la falta del ejemplar tipo y la descripción confusa implicó que la especie no fuese reconocida como válida por Cei (1958), considerándose por largo tiempo como una posible forma local de *R. darwinii* (Cei 1962; Donoso-Barros 1970). Formas et al. (1975) determinaron, basados en rasgos de la morfología craneal, que el género *Heminectes* es efectivamente un sinónimo de *Rhinoderma*. Sin embargo, estos autores argumentaron que existe suficiente evidencia para considerar a *R. darwinii* y *H. rufus* especies diferentes, en este último caso proponiendo la nueva combinación *Rhinoderma rufum* (Philippi 1902). Desde esa fecha, se considera que el género *Rhinoderma* está compuesto por dos especies: *R. rufum* (ranita de Darwin del Norte o sapito vaquero) y *R. darwinii* (ranita de Darwin del Sur; Formas et al. 1975). Los caracteres morfológicos que sustentan la diferenciación de ambas especies se detallan en la Tabla 1, mientras que otras

diferencias relacionadas al desarrollo y canto son mencionadas más adelante en el texto.

### 3.2. Cuidado parental y desarrollo embrionario

En la descripción de *R. darwinii* realizada por Guichenot, se menciona que las hembras de la especie serían vivíparas (Gay 1848). Posteriormente, Jiménez de la Espada (1872) realizó una disección detallada de algunos ejemplares de esta misma especie, percatándose que eran los individuos machos los que llevaban a los renacuajos en el saco vocal (Goicoechea et al. 1986). En efecto, durante el amplexo la hembra deposita los huevos en pequeños refugios ubicados en el suelo húmedo del bosque, entre la hojarasca, musgos y helechos (Figura 1a) (Busse 2004; Valenzuela-Sánchez et al. 2014a). Estos huevos son de gran tamaño (~5 mm) en relación con el tamaño de la hembra (Bürger 1905) y aparentemente son depositados exactamente en el mismo sitio donde el macho se encontraba realizando las vocalizaciones para atraer a la hembra (Pflaumer 1935; Busse 2004). Durante aproximadamente dos semanas ocurren en este sitio de ovipostura las primeras etapas del desarrollo embrionario; luego de este periodo, cuando comienza el movimiento muscular de los embriones, el macho los incorpora en su saco vocal (Figura 1b, c). *Rhinoderma darwinii* posee un desarrollo larvario completo al interior del saco vocal del macho, por un periodo que generalmente dura entre 6 a 8 semanas y que ocurre entre primavera y otoño (Figura 2). Sin embargo, machos criando larvas a lo largo de los fríos meses de invierno sugieren que este periodo se puede extender por varios meses en algunas ocasiones (Wilhelm 1927). Durante el tiempo en el que las larvas permanecen dentro del saco vocal, el macho provee de alimento y oxígeno a las larvas a través de su epitelio, las cuales absorben estos componentes a través de la piel e intestinos (Wilhelm 1927; Jorquera et al. 1972; Goicoechea et al 1986). En el caso de *R. darwinii*, el máximo número de crías registradas en el saco vocal de un macho es de 22 larvas (Wilhelm

**Tabla 1.** Diferencias morfológicas entre los adultos y larvas de *Rhinoderma rufum* y *R. darwinii*. Los estadios larvales siguen a Gosner (1960).

	Carácter	<i>Rhinoderma rufum</i>	<i>Rhinoderma darwinii</i>	Referencia
Adultos	Membranas interdigitales de los miembros posteriores	Transparente y bien desarrollada entre todos los dedos	Más gruesa y reducida. Ausente entre los dedos I-II	Formas et al. 1975
	Tubérculo metatarsal externo	Más prominente	Menos desarrollado	Formas et al. 1975
	Pigmentación zona ventral	Escasa y en la mayoría de los casos difusa y ausente en las membranas interdigitales de los miembros posteriores	Comprende la zona abdominal hasta las membranas de los miembros posteriores	Formas et al. 1975; Soto-Azat et al. 2013a
	Forma de los dedos	Dedos delgados que terminan en expansión	Dedos gruesos que terminan en expansión	Formas et al. 1975
	Cariotipo (2n=26)	Cromosomas 1, 6, 7, 9, 10, 11 y 12 metacéntricos, 2, 4 y 5 submetacéntricos, 3 subteloacéntrico, 8 y 13 acrocéntricos	Cromosomas 1, 2, 7, 8, 9, 10 y 11 metacéntricos, 3, 4, 5 y 6 submetacéntricos, 12 y 13 acrocéntricos	Formas et al. 1975; Formas 1976
Huevos y larvas	Tamaño de oocitos	Pequeños (2,5 mm)	Grandes (5 mm)	Bürger 1905; Formas et al. 1975;
	Branquias externas	Presente, rudimentarias	Ausentes	Formas et al. 1975
	Aleta caudal	Bien desarrollada	Poco desarrollada	Formas et al. 1975
	Tracto digestivo embrionario	Diferenciación temprana de intestinos	Diferenciación tardía de intestinos	Jorquera et al. 1981, 1982
	Desarrollo endógeno vitelino	Independiente	Dependiente	Jorquera et al. 1981
	Largo total (estado 35)	28-31 mm	13-14,3 mm	Lavilla 1987; Formas 2013
	Largo hocico-cloaca (estado 46)	12-13 mm	6,2-6,9 mm	Lavilla 1987, Formas 2013
Rostrodontes	Bien desarrollados, con dentaduras, pigmentados	Vestigiales, borde casi liso, ligeramente pigmentado	Formas 2013	

Carácter	<i>Rhinoderma rufum</i>	<i>Rhinoderma darwinii</i>	Referencia
Fórmula de hileras de dentículos labiales	2(2)/3	Ausentes, aunque permanecen las áreas de inserción según fórmula 0/(2-2)1 ó 0/(1-1)2	Formas 2013; Lavilla 1987
Borde de los dientes labiales	Dentado	Ausente	Formas 2013
Papilas submarginales	Presentes	Ausentes	Formas 2013
Espiráculo	Dextral, tubular, superficie interna unida a la piel	Ausente	Formas 2013
Tubo proctodeal	Tubular, tan largo como ancho, borde posterior continuo con aleta caudal	Tubular, no lobulado, más ancho en la región media	Lavilla 1987
Longitud de cola	Dos veces la longitud del cuerpo	1,2 veces la longitud del cuerpo	Formas 2013
Techo oral	12-14 pústulas	Pústulas ausentes	Formas 2013
Cartílago supraróstrico	Una única placa curvada hacia atrás	Una única placa con muescas dorsales y ventrales	Formas 2013
Cápsula ótica	1,1 veces más larga que ancha	1,5 veces más larga que ancha	Formas et al 1975; 2013

Huevos y larvas

1927). Finalmente, los juveniles recientemente metamorfoseados son expulsados desde el saco vocal del macho hacia el medio terrestre (Jorquera et al. 1972; Busse 2004). Se ha observado que renacuajos de *R. darwinii* que son liberados antes de tiempo pueden completar la metamorfosis en sustrato húmedo (Pflaumer 1935; Busse 1970); si bien esta situación debe ser poco frecuente en condiciones naturales, esto no ha sido estudiado detalladamente. De manera diferente, las larvas de *R. rufum* permanecen en el saco vocal del macho sólo por un periodo que no superaría las dos semanas, luego del cual estas serían expulsadas al agua para completar el desarrollo larvario y alcanzar

la metamorfosis (Figura 2). En concordancia con esto, y a diferencia de las larvas de *R. darwinii* (ver Lavilla 1987), las larvas de *R. rufum* poseen rostródontes (piezas bucales queratinizadas presentes en los renacuajos de muchas especies) e intestinos bien desarrollados, características adecuadas para la vida libre en el medio acuático (Formas 2013). Existe evidencia de que en *R. rufum* podría existir también una relación trófica entre el macho y las larvas durante el acotado tiempo de desarrollo dentro del saco vocal (Jorquera et al. 1982).



**Figura 1.** (a) Huevos de *Rhinoderma darwinii* sobre el musgo en un sitio en el sur de Chiloé, Chile. En (b) un macho ha incorporado tres de estos embriones en su saco vocal y se prepara a incorporar el embrión restante. Los machos de esta especie (c) pueden criar hasta 22 larvas en su saco vocal (Wilhelm 1927), adquiriendo la apariencia de estar preñados.

### 3.3. Distribución histórica

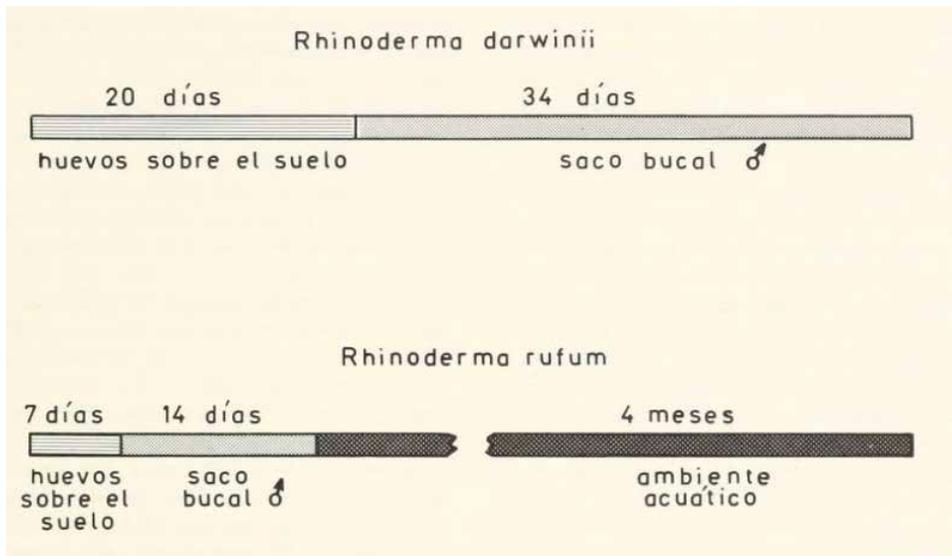
Bourke et al. (2012) proponen un mapa con la distribución del hábitat adecuado para *R. rufum* basados en 19 registros históricos de esta especie provenientes de la literatura, animales de museos y comunicaciones personales y considerando variables bioclimáticas y de uso del suelo. Adicionalmente, basados en 13 registros encontrados en la literatura, siete localidades obtenidas desde animales de museo y una comunicación personal, Soto-Azat et al. (2013a) proponen que la distribución histórica de *R. rufum* se extiende desde Zapallar (Región de Valparaíso) hasta Ramadillas (Región de Biobío), limitándose principalmente a la cordillera de la Costa entre los 0 y los 500 m de altitud, pero incluyendo un registro en los faldeos de la Cordillera de los Andes de la Región de O'Higgins (Figura 3; Barros 1918). Por otra parte, basados en 24 registros encontrados en la literatura y 90 registros de localidades obtenidas desde especímenes almacenados en museos, Soto-Azat et al. (2013a) proponen que la distribución histórica de *R. darwinii* se extiende desde Concepción hasta Aysén (Región de Aysén), incluyendo a la Isla Mocha y el archipiélago de Chiloé, encontrándose también en una estrecha franja de los Andes Argentinos en las provincias de Neuquén y Río Negro (Figura 3). Esta franja en los faldeos orientales de la Cordillera de Los

Andes representa el límite oriental de distribución de la especie y está totalmente contenida en dos Parques Nacionales de Argentina, el PN Lanín y el PN Nahuel Huapi (Úbeda y Pastore 2015). Ambas especies serían simpátricas en la zona de Concepción, posiblemente sintópicas en el pasado en localidades tales como Chiguayante, Hualqui y Ramadillas (Formas et al. 1975, Penna & Veloso 1990, Soto-Azat et al. 2013a).

### 3.4. Distribución actual

*Rhinoderma rufum* no ha sido registrada desde 1981, pese a varios esfuerzos por encontrar poblaciones de la especie (Penna & Veloso 1990; Busse 2002; Bourke et al. 2012; Soto-Azat et al. 2013a; Cuevas 2014).

Por otra parte, en la actualidad existen 66 localidades con registros actuales de poblaciones o individuos de *R. darwinii* (Figura 4), siendo la más septentrional la correspondiente a Cuyinco Alto en la Cordillera de Nahuelbuta (C. Castro, comunicación personal). La especie ha desaparecido aparentemente de localidades en la que fue abundante hasta hace algunos años (Crump & Veloso 2005; Soto-Azat et al. 2013a). Por ejemplo, Soto-Azat et al. (2013a) no lograron detectar individuos de *R. darwinii* en el Monumento Nacional Cerro Ñielol



**Figura 2.** Modalidades de desarrollo de las dos especies del género *Rhinoderma*. Obtenido de Formas (1979).

(Temuco, Región de la Araucanía), localidad que registraba una alta abundancia de la especie en el pasado (Rageot 1978). Estos autores también documentan la declinación severa de la especie en el Parque Nacional Nahuelbuta y en la localidad de Melimoyu (Crump 2002). Preocupantemente, varias de las localidades con presencia actual de *R. darwinii* albergan poblaciones locales (ver definición en Glosario) con una baja abundancia de individuos. Considerando la limitada capacidad de dispersión de la especie (Valenzuela-Sánchez 2017), muchas de estas poblaciones locales se encontrarían altamente aisladas (Soto-Azat et al. 2013a). En Argentina, el material de colecciones puede aportar información valiosa sobre la abundancia de la especie en el pasado. Basándose en la cantidad de especímenes colectados por día y por localidad se infiere que la abundancia en el pasado debió ser mucho mayor que la actual (Úbeda & Pastore 2015). Sin embargo, no hay evidencia de que la distribución actual de *R. darwinii* se haya reducido en área en este país (Úbeda & Pastore 2015). Por el contrario, la existencia de hábitats potenciales indica que son necesarios relevamientos hacia el sur de la distribución histórica de la especie, en bosques fronterizos con Chile (Úbeda & Pastore 2015).

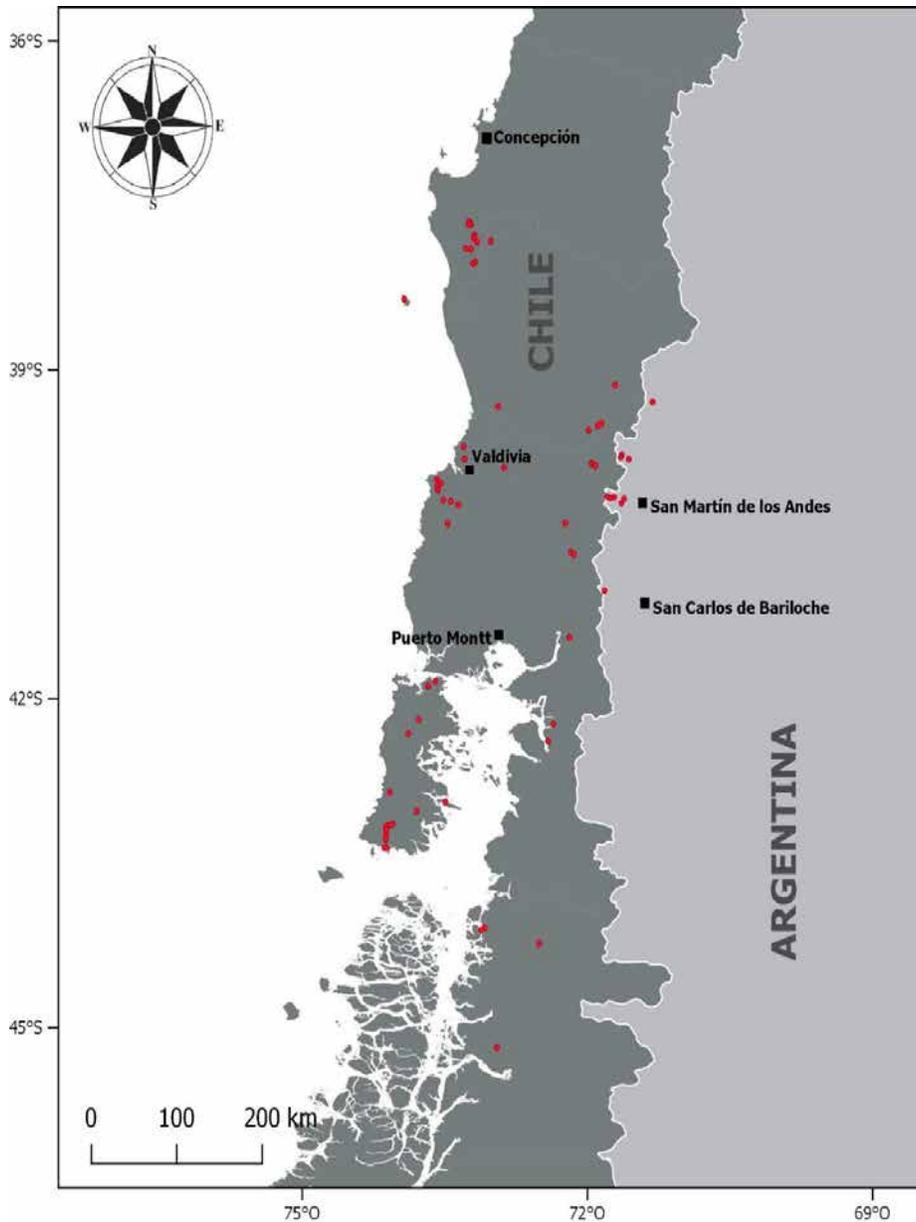
## 3.5. Ecología de *Rhinoderma darwinii*

### 3.5.1. Generalidades

*Rhinoderma darwinii* es una especie completamente terrestre, que no requiere de cuerpos de agua para completar su desarrollo larvario (Jorquera et al. 1972). Como muchos otros anfibios completamente terrestres (Müller et al. 2013), *R. darwinii* vive asociada a ambientes boscosos (Figura 5), habitando específicamente el bosque templado de Chile y Argentina (Soto-Azat et al. 2013a). Dentro del bosque, los individuos no se distribuyen homogéneamente, sino que se congregan en sitios que pueden ser fácilmente delimitables, generalmente menores a 0,5 hectáreas (Crump 2002; Soto-Azat et al. 2013a; Valenzuela-Sánchez et al. 2014a, 2017). Los recursos y condiciones que determinan la selección del hábitat por parte de esta especie no son totalmente conocidos, pero parcelas del bosque que poseen una menor variación microclimática diaria y una mayor área basal (una medida de biomasa de los árboles vivos) poseen una mayor abundancia de ranas (A. Valenzuela-Sánchez, comunicación personal). Aspectos sociales de la especie podrían jugar también un rol importante en la selección del hábitat, y, por ende, en la agrupación espacial de los individuos



**Figura 3.** Distribución histórica de *Rhinoderma rufum* (azul) y *R. darwinii* (rojo) en Chile y Argentina, incluyendo el área de simpatría (amarillo). El color del mapa es indicativo del relieve topográfico. Obtenido de Soto-Azat et al. (2013a).



**Figura 4.** Localización geográfica de las 66 localidades conocidas con presencia actual de subpoblaciones de *Rhinoderma darwinii* en Chile y Argentina.

(A. Valenzuela-Sánchez, comunicación personal). Algunas variables climáticas medidas a una escala espacial mayor a 1 km<sup>2</sup> muestran también una correlación con la abundancia de *R. darwinii*, por ejemplo la temperatura de los meses más calurosos (diciembre-febrero) y más lluviosos del año (junio-agosto), y la estacionalidad de las temperaturas; mientras que otras variables climáticas son buenas predictoras de la presencia de la especie a lo largo de su distribución geográfica, incluyendo la estacionalidad de la temperatura y las precipitaciones, la temperatura media anual y la precipitación total anual (Uribe-Rivera et al. 2017).

### 3.5.2. Vocalizaciones

La actividad vocal de *Rhinoderma* spp. es predominantemente diurna, aunque algunas poblaciones pueden vocalizar de manera continua durante la noche entre los meses de noviembre y marzo (J. Serrano, comunicación personal). El canto de anuncio de ambas especies de *Rhinoderma* consiste en la repetición de una a siete notas suaves y de frecuencia media. Los cantos más frecuentemente emitidos poseen de tres a cinco notas. La menor variación del canto de *R. darwinii* está relacionado con la frecuencia dominante (2.8 - 3.8 kHz) que a su vez está

Ranita de Darwin del Sur (*Rhinoderma darwini*) capturada durante el monitoreo de una población en Melimoyu, Región de Aysén, Chile





**Figura 5.** Vista del bosque templado austral en un sitio que alberga una población de *Rhinoderma darwinii* en el sur de Chiloé, Chile. El sitio ha sido demarcado para el estudio de la ecología de movimientos de esta especie.

inversamente correlacionada con la variación del tamaño de los individuos (J. Serrano, comunicación personal). Esta variación espectral es la única que se ha encontrado al comparar el canto de las dos especies de *Rhinoderma* y es netamente influenciada por la diferencia del tamaño de cada especie (Penna y Veloso 1990).

Durante la temporada reproductiva (generalmente entre septiembre y abril), machos y hembras de *R. darwinii* vocalizan activamente durante el día, siendo características de la duración y frecuencia dominante las que varían entre el canto de los distintos sexos. Los machos preñados de *R. darwinii* pueden vocalizar el mismo canto de anuncio producido por los machos no preñados sin que se hayan observado diferencias relevantes entre los cantos de ambos tipos de machos. No obstante, la intensidad del canto de los machos preñados es menor mientras mayor sea el número de larvas que el macho está incubando en el saco vocal (J. Serrano, comunicación personal). Esta vocalización por parte de los machos preñados aún es poco comprendida, pero es probable que se relacione con una regulación no agresiva de las interacciones sociales dentro de las poblaciones

y con una continua actividad reproductora por parte de los machos (Bürger 1905). A partir de experimentos usando los cantos de hembras y machos preñados y no preñados se cuenta con evidencia que estos tres grupos reconocen diferencialmente el canto de los otros grupos, respondiendo más rápidamente hacia el canto del otro sexo, pero sin alterar su tasa de cantos o intensidad (J. Serrano, comunicación personal). Siendo característico además la falta de interacciones intra-sexuales agresivas o que denotasen alguna conducta competitiva, lo cual coincide con la falta de conductas agresivas observadas en vida silvestre en esta especie (J. Serrano, comunicación personal; Valenzuela-Sánchez et al. 2014a). Sumado al reconocimiento del sexo, es muy posible que *R. darwinii* tenga un reconocimiento individual por medio del canto (J. Serrano, comunicación personal). En un análisis reciente en el desorden espectral, medido como proporción de fenómenos no lineales (caos y subarmónicos), se encontró que estos componentes junto a la frecuencia dominante confieren distintividad individual al canto de los machos de *R. darwinii* (J. Serrano, comunicación personal).

#### 3.5.3. Variaciones intraespecíficas en tamaño corporal y coloración

La tasa de crecimiento y el tamaño corporal de los individuos de *R. darwinii* presentan una variación intraespecífica (Valenzuela-Sánchez et al. 2015; 2017). El tamaño corporal de los adultos, que en promedio es de alrededor de 24 mm de longitud hocico-cloaca (rango: 18,5–37,5 mm), se correlaciona positivamente con la estacionalidad de temperatura (Valenzuela-Sánchez et al. 2015). En este sentido, se plantea que individuos que hibernan por un periodo más largo de tiempo poseen mayores tamaños corporales como un mecanismo para reducir los costos asociados a la hibernación, o alternativamente, como un beneficio producto de la hibernación (Valenzuela-Sánchez et al. 2015). En concordancia con esto último, se ha observado que individuos de poblaciones en localidades más estacionales poseen una mejor condición corporal post-hibernación (Valenzuela-Sánchez et al. 2015). La hibernación se ha asociado positivamente en otras especies de anuros de zonas templadas con la probabilidad de sobrevivencia (Reading 2007) y el éxito reproductivo en cautiverio (Santana et al. 2015), y probablemente juega un rol crucial en diferentes procesos biológicos en *R. darwinii* (Valenzuela-Sánchez et al. 2015). El tamaño corporal además varía entre sexos, siendo las hembras generalmente de mayor tamaño que los machos (Crump 2002; Bourke 2012, Valenzuela-Sánchez et al. 2014a).

La coloración dorsal de los individuos de *R. darwinii*, que puede variar de tonos verdes a marrones (Figura 6), también muestra variación entre sexos (Bourke et al. 2011a). Por ejemplo, en la zona de Coñaripe (Región de Los Ríos) las hembras son mayoritariamente marrones (Bourke et al. 2011a). Crump (2002) y Bourke et al. (2011a) sugieren que los individuos utilizan sustratos que coinciden con su coloración dorsal. La diferencia intersexual en la coloración dorsal puede asociarse a la disponibilidad local- específica de diversos sustratos y a la selección diferencial de microhábitats entre machos y hembras. En poblaciones norteñas, los sustratos

verdes (por ejemplo, musgos, helechos) son menos abundantes y utilizados preferentemente por los machos, probablemente porque representan sitios adecuados para la ovipostura (Bourke et al. 2011a; Valenzuela-Sánchez et al. 2014a). En cambio, en las poblaciones sureñas los sustratos verdes son extremadamente abundantes; en estas poblaciones la proporción de hembras con coloraciones verdes es mucho mayor que en las poblaciones septentrionales (A. Valenzuela-Sánchez, comunicación personal). Los individuos de *R. darwinii* tienen también la capacidad de cambiar su coloración dorsal en el transcurso de algunas semanas a meses (Bourke et al. 2011b).

#### 3.5.4. Dieta

*Rhinoderma darwinii* es un depredador con un comportamiento de sentarse y esperar (del inglés "sit-and-wait"), donde los individuos consumen presas que se encuentran cerca de su alcance, no realizando una búsqueda activa de estas (Crump 2002). Esta especie tiene una dieta relativamente generalista y es un consumidor secundario en los ambientes que habita, con una posición trófica estimada de 2,9 (Molina-Burgos et al. 2018). Basados en un análisis de isótopos estables y contenido estomacal, Molina-Burgos et al. (2018) encontraron que las principales presas de esta especie son invertebrados herbívoros, los cuales fueron detectados en el 68,1% del alimento asimilado en individuos de *R. darwinii* colectados en Neltume y Puyehue, en el sur de Chile. Las presas más comúnmente consumidas fueron mosquitos, moscas, saltamontes, grillos y hormigas. Otros invertebrados detritívoros y carnívoros también fueron detectados en la dieta, pero en menores proporciones (Molina-Burgos et al. 2018). Previo a este estudio, la única referencia a la dieta de *R. darwinii* fue realizada por Wilhelm (1927), citando el trabajo del profesor Carlos Schneider, quien describe en el contenido estomacal de individuos de esta especie "la presencia de insectos del género *Musca*, *Hiperalomia*, *Tipulidas*, *Agrion*, *Perla*, *Gyrinus*, *Aechna*, and *Cordulia*" (algunas de estas clasificaciones taxonómicas ya no están en uso). Según nuestro conocimiento, no existen estudios sobre la dieta de *R. rufum*, pero probablemente



**Figura 6.** Patrones de coloración dorsal en una población de *Rhinoderma darwinii* en Coñaripe, sur de Chile. (a) "doble V", (b) "hoja de bambú", (c) "verde completo", (d) "brazos blancos", y (e) "teñido". Obtenido de Bourke et al. (2012).

las presas consumidas y sus proporciones asimiladas sean similares a las descritas para *R. darwinii*.

### 3.5.5. Ecología poblacional y abundancia

Según el principal eje de variación de historias de vida, es decir el continuo rápido-lento (Gaillard et al. 2016), *R. darwinii* podría clasificarse dentro del espectro lento debido a su baja fecundidad y alta sobrevivencia (Valenzuela-Sánchez et al. 2017). Interesantemente, la teoría de historias de vida nos permite proponer cómo esta especie responde desde un punto de vista demográfico a variaciones temporales intrínsecas (por ejemplo, densidad local de la especie) y extrínsecas (por ejemplo, variación climática). La evidencia teórica y empírica sugiere que el crecimiento poblacional de otras especies lentas es altamente

sensible a variaciones en la sobrevivencia de los adultos, mientras que en especies rápidas la tasa de crecimiento poblacional muestra una mayor sensibilidad al reclutamiento (Sæther & Bakke 2000). Esta predicción ha sido comprobada en poblaciones silvestres de *R. darwinii*, donde la tasa de crecimiento poblacional asintótica es desproporcionadamente sensible a la sobrevivencia de los adultos (Valenzuela-Sánchez et al. 2017). Teóricamente, se espera que la selección natural favorezca rasgos en los individuos que permitan a las especies lentas reducir el efecto de factores intrínsecos y extrínsecos en la sobrevivencia de los adultos (Gaillard & Yoccoz 2003). Como consecuencia, en especies lentas como *R. darwinii*, la tasa de sobrevivencia de los adultos debería ser temporalmente estable y poco sensible a variaciones climáticas, mientras que el

## Glosario: Ecología poblacional

**Población local:** Una agrupación de individuos de *R. darwinii* que habitan un área o parche de bosque (generalmente no superior a 0,5 hectáreas), en general fácilmente delimitable, y en la cual se espera que los individuos adultos puedan tener contacto habitual mediante movimientos rutinarios (no de dispersión).

**Dispersión:** Es el proceso que incluye el movimiento de individuos desde su sitio natal a un sitio de reproducción o entre sucesivos sitios de reproducción, con el potencial de resultar en flujo génico (Clobert et al. 2009). Un sitio, en este contexto, es el área que alberga una población local.

**Dispersión condición-dependiente y fenotipo-dependiente:** En animales la decisión de dejar o asentarse en un sitio es usualmente dependiente de factores externos ambientales y/o sociales, esto es conocido como dispersión condición-dependiente (Clobert et al. 2009). Esto en contraste con la dispersión fenotipo-dependiente, en la cual la decisión de dispersión está asociada al estado interno de los individuos (Clobert et al. 2009). En el mundo real, los individuos generalmente utilizan tanto la información externa como la interna para finalmente ajustar sus decisiones de dispersión (Clobert et al. 2009).

**Población estructurada espacialmente:** Un conjunto de poblaciones locales unidas por eventos de dispersión (Revilla & Wiegand 2008). Ejemplos clásicos son las metapoblaciones y las poblaciones en parches, las que difieren en definición y dinámicas de acuerdo con los niveles de dispersión que ocurren entre sus poblaciones locales. Para los efectos de esta estrategia, el término subpoblación se utilizará como sinónimo de población estructurada espacialmente.

**Localidad:** Un área o parche de bosque que alberga una población estructurada espacialmente o subpoblación de *R. darwinii*.

**Dinámicas asincrónicas:** Diferencias demográficas (por ejemplo, en tasas de sobrevivencia y fecundidad) entre poblaciones locales cercanas debido tanto a procesos intrínsecos (por ejemplo, densidad poblacional) como extrínsecos (por ejemplo, condiciones ambientales). En términos generales, al aumentar la dispersión entre poblaciones locales estas tienden a sincronizar sus dinámicas, lo que aumentaría el riesgo de extinción de la población estructurada espacialmente (Duncan et al. 2015).

reclutamiento debería ser altamente sensible a dichas variaciones. En el año 2014 se dio inicio al monitoreo a largo plazo de ocho poblaciones locales de *R. darwinii*, lo que permitirá evaluar de mejor manera estos aspectos de la ecología poblacional de la especie; resultados preliminares de este proyecto indican que las predicciones previamente señaladas para especies lentas se cumplirían también para *R. darwinii* (A. Valenzuela, comunicación personal).

Los individuos de *R. darwinii* tienden a congregarse en lugares específicos del bosque, generalmente en un área que no supera las 0,5

hectáreas (Valenzuela-Sánchez et al. 2017). Basados en la capacidad de movimiento de esta especie, esta congregación de individuos en el espacio podría considerarse como una población local (ver Glosario), la cual sería en la mayoría de los casos fácilmente delimitable y por lo tanto una unidad útil para el manejo. En parches de bosque con la suficiente superficie y las condiciones ambientales adecuadas para la especie, estas poblaciones locales se distribuyen generalmente distanciadas unas de otras por al menos 150 m. Al conjunto de estas poblaciones locales cercanas se le denomina una población estructurada espacialmente (ver Glosario),



Mirada al bosque nativo en miniatura, el hogar de la ranita de Darwin está poblado de hongos, helechos, musgos y líquenes

debido a que la capacidad de dispersión de los individuos permitiría el flujo génico y de individuos entre las poblaciones locales que la conforman (Valenzuela-Sánchez 2017). Siguiendo la terminología utilizada por la Lista Roja de la UICN, una población estructurada espacialmente podría considerarse como una subpoblación de *R. darwinii*. Asimismo, el área del bosque que alberga una subpoblación podría considerarse una localidad (ver Glosario). La dinámica de las subpoblaciones de *R. darwinii* variará según los niveles de dispersión entre poblaciones locales, los cuales según estimados empíricos en localidades septentrionales debería ser relativamente bajos (ver más abajo). En este caso, es esperable que las poblaciones locales muestren dinámicas asincrónicas y que la dispersión condición-dependiente (ver Glosario) permita la estabilización de las subpoblaciones y disminuya el riesgo de extinción de la población estructurada espacialmente (Duncan et al. 2015). Este es un aspecto clave que requiere esfuerzos urgentes de investigación ya que permitiría entender de mejor forma la dinámica poblacional de esta especie y evaluar como la fragmentación del bosque podría impactar sobre la misma (Proyecto Emerge 2018).

La abundancia en poblaciones locales de *R. darwinii* (estimada utilizando modelos de captura-recaptura) es relativamente baja, variando entre los 10 y los 145 individuos (Soto-Azat et al. 2013a; Valenzuela-Sánchez et al. 2017). En Argentina, a partir de los años '90 no se han registrado capturas numerosas de individuos (<10 individuos por localidad; C. Úbeda, comentario personal). En poblaciones pequeñas se espera que las diferentes fuentes de estocasticidad (demográfica, ambiental, proporción de sexos y heterogeneidad demográfica) sean mayores en comparación a poblaciones grandes, aumentando así el riesgo de extinción (Melbourne & Hastings 2008). Esta situación puede verse empeorada si las poblaciones locales se encuentran altamente aisladas.

#### 3.5.6. Movimientos y rango de hogar

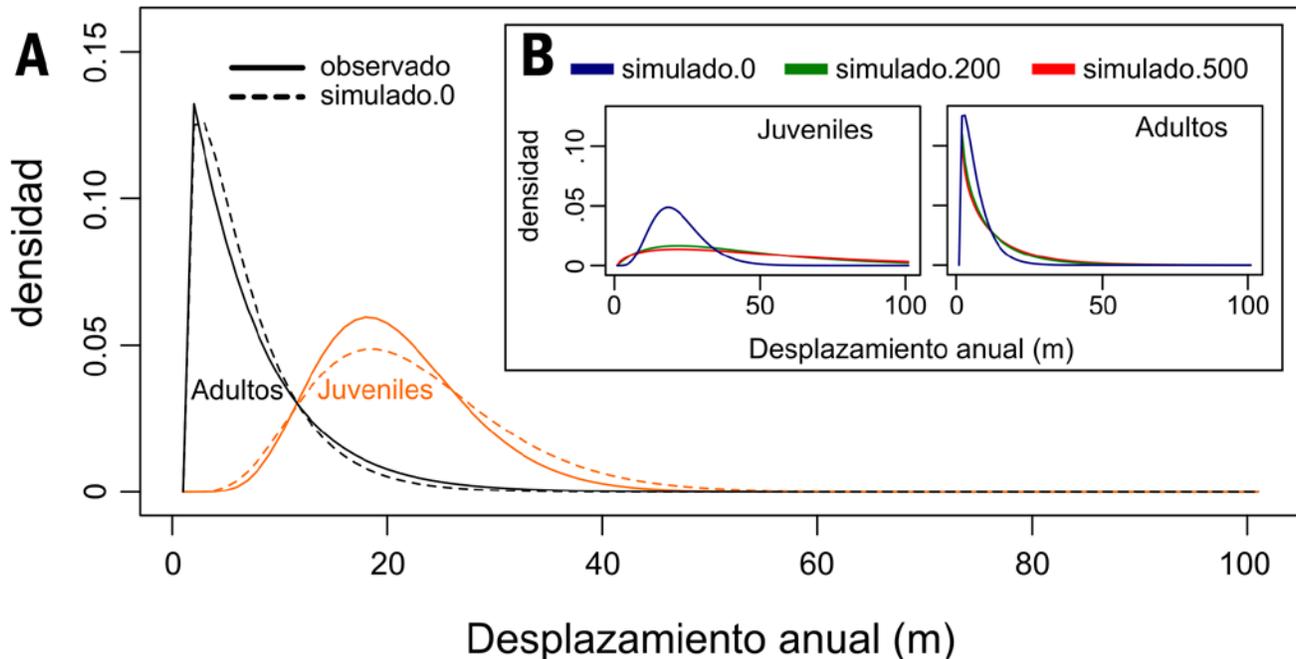
Los individuos adultos de *R. darwinii* son

altamente sedentarios y poseen una alta fidelidad de sitio (Crump 2002; Valenzuela-Sánchez 2017). El rango de hogar promedio estimado durante tres meses en la estación reproductiva en una población local ubicada al sur de Chiloé fue de 1,82 m<sup>2</sup>, no observándose mayores diferencias entre edades (juveniles vs adultos) y sexos (machos vs hembras; Valenzuela-Sánchez et al. 2014a). Los individuos de esta población sobreponen en gran medida sus rangos de hogar, no presentando mayores signos de territorialidad, pero sí un aparente espaciamiento de los machos que se encuentran cantando (una observación también descrita por Busse [2004] en individuos mantenidos en cautiverio). Los desplazamientos anuales de adultos de poblaciones de Contulmo (Región de La Araucanía) y Neltume (Región de Los Ríos) son también pequeños, alcanzando en promedio los 6,3 m lineales (Valenzuela-Sánchez 2017). Sin embargo, en esta escala temporal anual, los juveniles muestran desplazamientos mucho mayores que los adultos (Figura 7; Valenzuela-Sánchez 2017). Esta evidencia sugiere que los juveniles son los que realizan más frecuentemente los eventos de dispersión en *R. darwinii* (Valenzuela-Sánchez 2017). Se estima, luego de una corrección por el tamaño limitado de las áreas de estudio utilizando modelos de caminatas aleatorias, que 1% de los juveniles dispersa a una distancia de al menos 146 m en el transcurso de un año (Figura 7; Valenzuela-Sánchez 2017). Esta limitada capacidad de dispersión se debería al hecho de que esta especie vive en ambientes relativamente estables y continuos en el espacio y el tiempo, en comparación con los ambientes utilizados por anfibios que crían en pozas (paisajes altamente heterogéneos y ambientes reproductivos menos estables), en donde se han observado eventos de dispersión que superan en varios ordenes de magnitud los estimados para *R. darwinii* (Smith & Green 2005).

## 3.6. Amenazas

### 3.6.1. Generalidades

Estudios recientes sugieren que la pérdida, degradación y fragmentación del hábitat (Figura 8), la quitridiomycosis y el cambio climático,



**Figura 7.** Distribución (gama) de los desplazamientos anuales (un indicador de la capacidad de dispersión) en adultos y juveniles de *Rhinoderma darwinii*. En (A) se muestra la distribución ajustada a datos empíricos (observado) y a datos simulados con un modelo de caminatas aleatorias (simulado.0). Este mismo modelo es usado en (B) para corregir el sesgo impuesto por áreas de estudio limitadas en tamaño. En simulado.200 y simulado.500 se amplió el área de estudio rectangular en 200 y 500 m en cada uno de sus lados, observándose que simulado.200 captura de buena forma los movimientos más largos predichos para los juveniles de esta especie. Modificado de Valenzuela-Sánchez (2017).

serían las principales amenazas para el género *Rhinoderma* (Busse 2002; Crump & Veloso 2005; Bourke et al. 2010, 2012; Soto-Azat et al. 2013a,b; Cuevas 2014; Uribe-Rivera et al. 2017; Valenzuela-Sánchez et al. 2017, 2018). En Argentina, al estar el rango de distribución de *R. darwinii* comprendido totalmente dentro de dos parques nacionales, se detectan pocas amenazas de origen antrópico, siendo destacables los registros recientes de la especie en áreas que tuvieron explotación forestal en el pasado (Úbeda & Pastore 2015). En algunos sectores dentro de las áreas protegidas, *R. darwinii* podría verse afectada por la alteración del sotobosque, debido a la ganadería (principalmente en áreas de Reserva Nacional) y al aumento en la densidad de especies exóticas como el jabalí (*Sus scrofa*) y el ciervo rojo (*Cervus elaphus*) (H. Pastore & C. Úbeda, comentario personal). Otra amenaza potencial en las ASPs de Chile y Argentina es la

actividad turística (por ejemplo, senderismo), aunque por su carácter puntual se la considera prácticamente de impacto mínimo sobre la especie (Úbeda & Pastore 2015).

### 3.6.2. Pérdida, degradación y fragmentación del hábitat

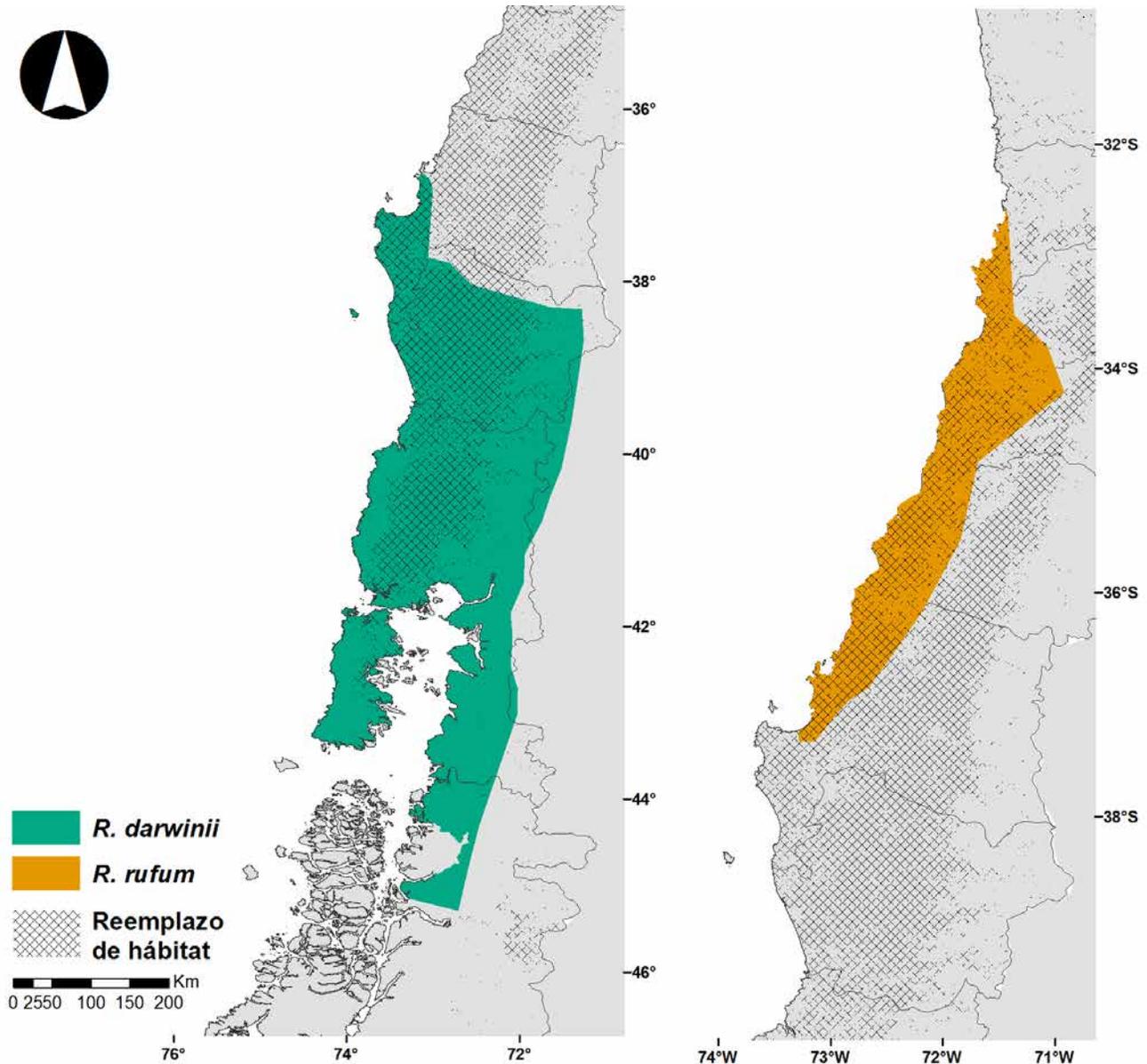
*Rhinoderma rufum* se encuentra principalmente asociada al bosque decido Maulino, que se extiende en la Cordillera de la Costa entre el río Mataquito (35° S) y el río Biobío en Chile (37° S; Smith-Ramírez 2004). El área cubierta por este tipo de bosque templado disminuyó su extensión desde tiempos pre-hispánicos (Armesto et al. 2010), continuando su disminución hasta las últimas décadas (Figura 9). Por ejemplo, Echeverría et al. (2006) estudiaron la pérdida de bosque Maulino entre 1975 y 2000



**Figura 8.** Tala rasa de monocultivos de Pino insigne (*Pinus radiata*) en la Cordillera de la Costa de la Región del Maule. Estos cerros se encontraban en el pasado cubiertos por bosque decíduo Maulino, un tipo de bosque templado en el cual habita *Rhinoderma rufum*.

(coincidente con el periodo de desaparición de *R. rufum*) en un área de 578.164 hectáreas entre el río Maule (35°S) y Cobquecura (36°S). Entre estos años el porcentaje del área de estudio cubierta por bosque nativo se redujo de un 21% a un 7%, mientras que el porcentaje del área cubierta por plantaciones forestales de especies exóticas aumentó de un 5% a un 36%. En efecto, la principal razón de la pérdida de bosque Maulino y otros tipos de bosque templado durante ese periodo es el reemplazo por monocultivos comerciales de pino insigne (*Pinus radiata*) y eucalipto común (*Eucalyptus globulus*; Smith-Ramírez 2004; Echeverría et al. 2006). Sumado a la reducción de la cobertura total de bosque nativo en el área estudiada por Echeverría et al. (2006), también disminuyó el área promedio de los parches y aumentó la fragmentación. Por ejemplo, en 1975, cerca de un 44% del área total cubierta por bosque Maulino se distribuía en parches muy pequeños (<100 ha), mientras que para el año 2000 este porcentaje había incrementado al 69% (Echeverría et al. 2006). *Rhinoderma rufum* requiere de cursos de agua para completar su reproducción (última fase del desarrollo larvario; Jorquera et al. 1981) y es sabido que plantaciones

de *P. radiata* y *E. globulus* están asociadas a la reducción de flujos de agua superficial tanto a pequeña (Lara et al. 2010) como a gran escala (Little et al. 2009). Paralelamente, en el área donde se ubica el bosque Maulino existe una baja representación de áreas silvestres protegidas, todas las cuales son de reducido tamaño (por ejemplo, las Reservas Nacionales Los Queules de 417 hectáreas, Los Ruiles de 45 hectáreas y Nonguén de 3.036 hectáreas, esta última de reciente creación en 2009). En efecto, para el año 2004, el área de bosque decíduo Maulino incluido dentro de áreas silvestres protegidas era comparativamente sólo un 4,3% del área protegida en la cordillera de los Andes a la misma latitud (Smith-Ramírez 2004). La situación es similar para el área comprendida entre el río Mataquito y el límite norte de la distribución de la especie (Zapallar; 32°S), donde el bosque nativo ha sido extensamente reemplazado por otros usos del suelo (Armesto et al. 1994, 2010; Smith-Ramírez 2004; Soto-Azat et al. 2013a). Según el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF 2017), en el 28% de la distribución histórica de *R. rufum* el bosque templado austral ha sido reemplazado



**Figura 9.** Reemplazo de bosque nativo por otros usos de suelo (achurado) en la distribución histórica de *Rhinoderma darwinii* (verde) y *Rhinoderma rufum* (naranja) según el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF 2017).

por otros usos de suelo (Figura 9). Por ejemplo, la conversión de bosque nativo a tierras para la agricultura ha ocurrido en gran magnitud, especialmente en el centro de Chile (Echeverría et al. 2006, Smith-Ramírez 2004). Otras causas de pérdida de hábitat, tales como la urbanización y desarrollo de infraestructura, también pueden haber jugado un rol importante en la desaparición de poblaciones locales de *Rhinoderma* (Soto-Azat et al. 2013a). Por ejemplo, tierras alrededor

del Lago Vichuquén, Zapallar y Concepción, han cambiado drásticamente producto del desarrollo urbano y turístico.

Para el caso de *R. darwinii*, la situación de pérdida de hábitat es similar; sin embargo, aún existen extensas áreas de bosque nativo tanto en la Cordillera de los Andes como en el centro-sur de Chiloé, muchas resguardadas bajo la figura de áreas silvestres protegidas públicas y privadas

(Urbina-Casanova et al. 2016). El bosque templado al sur de Concepción permaneció relativamente inalterado por la actividad humana hasta la colonización de la Araucanía en el siglo XIX (Frêne & Núñez 2010), aunque la actividad (por ejemplo, agricultura, utilización de madera para construcción) de diferentes grupos humanos en tiempos pre-hispánicos podría haber generado zonas desprovistas de bosque (Armesto et al. 2010). La colonización republicana del sur de Chile incentivó la quema de miles de hectáreas de bosque nativo, principalmente en los valles centrales para la habilitación de terrenos con fines agrícolas (Figura 9; Frêne & Núñez 2010). Desde la segunda mitad del siglo XIX y hasta la primera mitad del XX se produjo paralelamente la tala selectiva de millones de hectáreas de árboles de alto valor comercial (raulí, alerce, ciprés de la cordillera y de las Guaitecas, roble, etc.) en los valles y zonas cordilleranas (Armesto et al. 1994). Paralelamente, se continuó con la quema de extensas porciones de bosque nativo para poder acceder a estas especies arbóreas de alto valor comercial. La Ley Forestal de 1931 acrecentó la gravedad de esta situación, legalizando la tala selectiva incluso en Parques Nacionales, lo que resultó en la extensiva degradación del bosque templado austral en Chile (Armesto et al. 1994). La quema del bosque y la tala selectiva no sólo se extendieron hasta Chiloé, sino que también llegaron hasta la región de Aysén hacia mediados del siglo XX (Armesto et al. 1994). Según el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF 2017), en el 27% de la distribución histórica de *R. darwinii* el bosque templado austral de Chile ha sido reemplazado por otros usos de suelo (Figura 9).

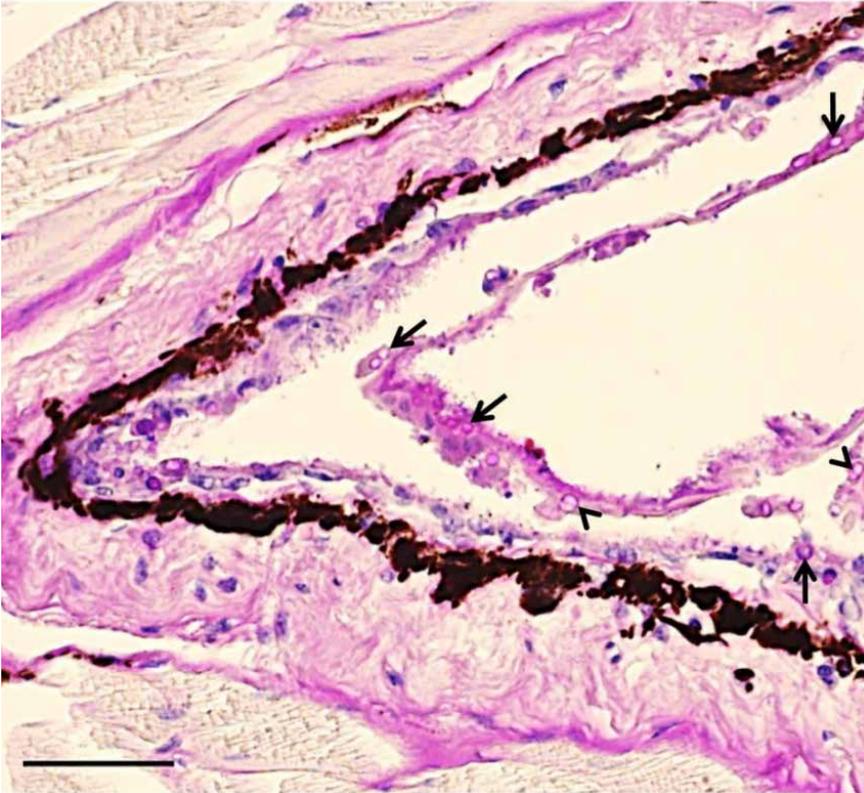
#### 3.6.3. Enfermedades infecciosas

La única enfermedad infecciosa que se ha identificado como una amenaza para *Rhinoderma* spp. es la quitridiomycosis (Valenzuela-Sánchez et al. 2014b). La infección por *Ranavirus* ha sido detectada en anfibios silvestres de Chile (Soto-Azat et al. 2016), pero aún no existe evidencia de infección en las especies de *Rhinoderma*.

La quitridiomycosis de los anfibios es una

enfermedad infecciosa emergente producida por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*). Esta enfermedad ha estado asociada con mortalidades masivas de anfibios y declinación hasta la extinción de numerosas especies alrededor del mundo (Berger et al. 1998; Longcore et al. 1999). Este hongo infecta la piel de anfibios susceptibles y los individuos que desarrollan la enfermedad exhiben hiperqueratosis, lo que lleva a una pérdida de la capacidad osmorregulatoria y a la pérdida de electrolitos que eventualmente puede causar la muerte por paro cardíaco asistólico (Voyles et al. 2009). En Chile, los registros más antiguos existentes del hongo corresponden a infecciones en individuos de *R. rufum*, *R. darwinii* y *Pleurodema thaul* (sapito de cuatro ojos), todos recolectados entre 1970 y 1978, intervalo de tiempo que es coincidente con la enigmática desaparición de *R. rufum* (Soto-Azat et al. 2013a). En Argentina, el registro de quitridiomycosis más cercano al área de distribución de *R. darwinii* ha sido reportado para *P. thaul* en la Laguna Fantasma, en el sudoeste de la Provincia de Río Negro y distante a 30 km de la localidad más cercana conocida de *R. darwinii* en Argentina (Ghirardi et al. 2014; Úbeda & Pastore 2015).

El genoma de aislados recientes de *Bd* recolectados en Chile desde individuos de *Xenopus laevis* (rana africana), *Calyptocephalella gayi* (rana grande chilena) y *Batrachyla antartandica* (rana jaspeada) en Hualañé (Región del Maule), Valdivia (Región de los Ríos) y Melimoyu (Región de Aysén), respectivamente, indican que el hongo presente en este país pertenece al "Linaje Pandémico Global" de *Bd* (*BdGPL* por su sigla en inglés; Valenzuela-Sánchez et al. 2018). Este corresponde a un linaje hipervirulento de *Bd* que dispersó desde el este de Asia a diferentes partes del mundo durante el siglo XX y que ha estado asociado con mortalidades masivas y extinción de especies de anfibios en múltiples continentes (O'Hanlon et al. 2018). Los análisis filogenéticos de los aislados chilenos de *Bd* sugieren un evento único y relativamente reciente de introducción del hongo en el país (Valenzuela-Sánchez et al. 2018), lo que es coincidente con el estudio retrospectivo de Soto-Azat et al. (2013b) y con

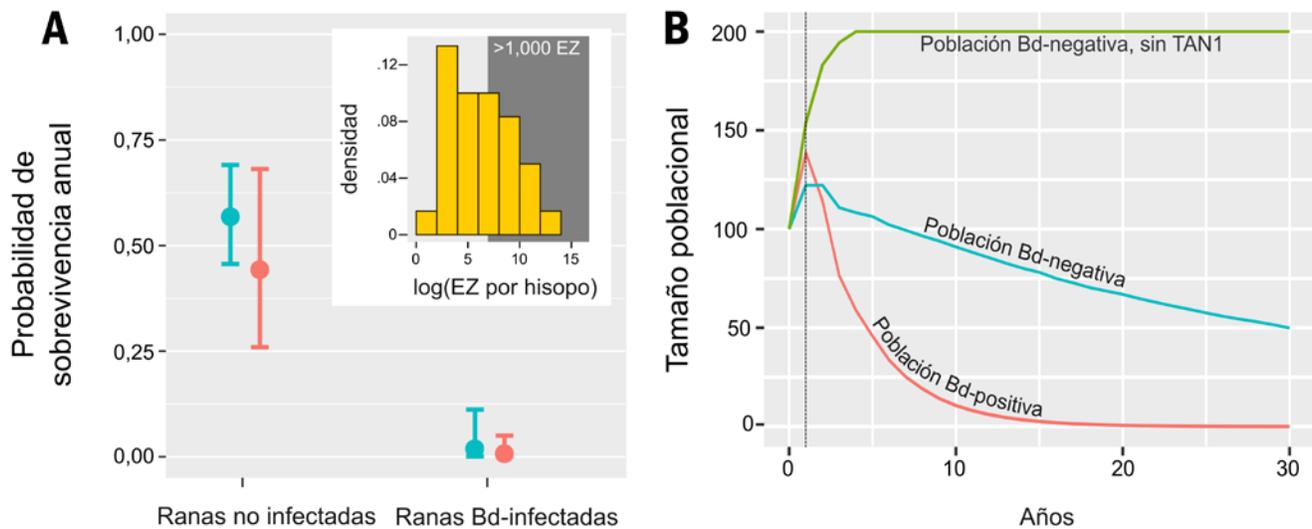


**Figura 10.** Corte histológico de un individuo silvestre de *Rhinoderma darwinii* con signos de quitridiomycosis dérmica. Se pueden notar diferentes estadios de *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*), incluyendo múltiples zoosporangios vacíos (flechas) y zoosporangios con un septo interno (cabezas de flecha) en la capa superficial de la epidermis, morfológicamente típicos de *Bd*. Obtenido de Soto-Azat et al. (2013b).

la emergencia global de este linaje (O’Hanlon et al. 2018), sugiriendo que la actividad antrópica estuvo involucrada en la introducción de *Bd*GPL a Chile, posiblemente hacia fines de la década de 1960.

En los últimos años se ha acumulado evidencia sobre la susceptibilidad e impactos de la quitridiomycosis en *Rhinoderma* spp. Por ejemplo, esta enfermedad fue asociada con un evento de mortalidad de un grupo de 30 individuos de *R. darwinii* exportados a Alemania en 2007, donde la enfermedad fue diagnosticada; sin embargo, los efectos de factores estresantes (tales como el viaje y la mantención en cautiverio) también pueden haber jugado un rol en la mortalidad de los individuos (Werning 2009; Bourke et al. 2010). Los primeros registros de infección con *Bd* en individuos silvestres de *R. darwinii* fueron descritos por Bourke et al. (2010) en animales positivos recolectados desde el año 2005. Asimismo, en 2012, un individuo silvestre de *R. darwinii* fue encontrado muerto y los análisis posteriores revelaron altas cargas de infección con *Bd* y hallazgos histopatológicos

consistentes con quitridiomycosis (Figura 10; Soto-Azat et al. 2013b). Valenzuela-Sánchez et al. (2017) demostraron que la probabilidad de sobrevivencia de individuos de *R. darwinii* infectados con *Bd* es cercana a cero (Figura 11a), entregando evidencia de que la enfermedad es altamente letal en individuos de vida silvestre. Además, estos autores y Soto-Azat et al. (2013b) encontraron altas cargas de infección en los individuos infectados, lo que es coincidente con especies susceptibles a la enfermedad (Figura 11a). Preocupantemente, los efectos individuales de la infección con *Bd* parecen tener la capacidad de producir declinación y extirpación de poblaciones locales de *R. darwinii* (Figura 11b; Valenzuela-Sánchez et al. 2017). Un punto clave aún no estudiado, es cómo las poblaciones locales infectadas con *Bd* podrían responder en el contexto de poblaciones estructuradas espacialmente (Proyecto Emerge 2018). En este contexto, la asincronía en la dinámica de las poblaciones locales, la dispersión condición-dependiente y la heterogeneidad espacio-temporal de la infección con *Bd* podrían aminorar los efectos negativos de la quitridiomycosis a nivel



**Figura 11.** (a) Probabilidad de supervivencia anual en adultos (celeste) y juveniles (rojo) silvestres de *Rhinoderma darwinii* no infectados e infectados con el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*). En el inserto se muestra la carga parasitaria (expresada en equivalentes de zoosporas por hisopo) de los individuos infectados. En (b) se muestra la predicción del tamaño poblacional para una ventana de 30 años en poblaciones locales (y sin dispersión) negativas y positivas a la infección con *Bd*. Para la población no infectada, también se muestra la proyección del tamaño poblacional excluyendo los datos de una de las cuatro poblaciones locales negativas estudiadas (TAN1), ya que esta poseía estimados de supervivencia muy diferentes a las otras tres poblaciones. Modificado de Valenzuela-Sánchez et al. (2017).

de subpoblaciones o metapoblaciones (Duncan et al. 2015; Proyecto Emerge 2018).

Pese a que *Bd* está distribuido a lo largo de todo Chile, la infección con este hongo en *R. darwinii* ha sido detectada principalmente en poblaciones septentrionales de la especie, tales como las ubicadas en El Natre (Soto-Azat et al. 2013b), Contulmo (Soto-Azat et al. 2013b; Valenzuela-Sánchez et al. 2017), Coñaripe (Bourke et al. 2010, 2011c) y Neltume (Bourke et al. 2010; Valenzuela-Sánchez et al. 2017a). Valenzuela-Sánchez et al. (2017) proponen que *R. darwinii* podría adquirir las infecciones con *Bd* desde anuros sintópicos tales como *Eupsophus* spp. En este sentido, el patrón espacial antes mencionado se podría asociar con una mayor prevalencia de *Bd* en anuros sintópicos a *R. darwinii* hacia la zona central de Chile (Soto-Azat et al. 2013b; Bacigalupe et al. 2017), y por ende a una mayor probabilidad de contacto entre individuos de *R. darwinii* y el patógeno

en poblaciones septentrionales de la especie (Valenzuela-Sánchez et al. 2017). Por otro lado, se ha identificado que Chile centro-sur (i.e. entre Valparaíso y Concepción) sería un punto caliente de actividad de *Bd* (James et al. 2015; Bacigalupe et al. 2017). En este sentido, la intensidad de esta amenaza no sería homogénea a lo largo de toda la distribución de *Rhinoderma*. En los lugares donde la quitridiomycosis es una amenaza para las poblaciones locales de *R. darwinii*, exclusiones de anuros sintópicos utilizando cercados perimetrales podría ser una medida de mitigación a corto o mediano plazo (Valenzuela-Sánchez et al. 2017, Proyecto Emerge 2018). Sin embargo, es importante mencionar que cambios ambientales futuros producto de la actividad humana podrían aumentar la prevalencia de *Bd* en ciertas áreas geográficas, amenazando subpoblaciones de *R. darwinii* que hasta ahora se encuentran libres del patógeno (Bacigalupe et al. 2017).

### 3.6.4. Cambio Climático

El cambio climático se espera que afecte con mayor intensidad a especies con baja vagilidad como los anfibios (Janson 2009). Frente a cambios ambientales que no permitan la ocupación de una especie en un área determinada, además de la plasticidad (fisiológica, comportamiento, etc), los individuos tienen dos posibilidades para evitar la extirpación local de sus poblaciones: 1) adaptación mediante evolución, por ejemplo, de los límites de tolerancia térmica y/u óptimos térmicos; y 2) dispersión a áreas con condiciones ambientales adecuadas (Ruiz-Aravena et al. 2014). En *Rhinoderma* spp. no existe información acerca de respuestas genéticas o plasticidad frente al cambio climático, siendo un tópico urgente de investigación para poder predecir de mejor manera la respuesta de ambas especies al cambio climático.

Uribe-Rivera et al. (2017) desarrollaron modelos de distribución de especies basados en registros históricos de *R. darwinii* (1950–1975) y capas bioclimáticas para predecir la distribución actual de esta especie (2000–2014). Los autores destacan que al incluir la limitada capacidad de dispersión de *R. darwinii* en estos modelos, la precisión de las predicciones aumenta de manera considerable. Los autores estimaron que entre 1970 y 2010 se produjo una reducción del rango de distribución de *R. darwinii* de entre un 23 y 40% considerando una capacidad de dispersión baja, pero incluso levemente superior a la estimada por Valenzuela-Sánchez (2017) en poblaciones silvestres. Cabe destacar que estas predicciones son probablemente subestimaciones de la realidad, ya que estos modelos no incorporan otras amenazas como la pérdida de hábitat por reemplazo de bosque nativo hacia otros usos del suelo, o los impactos de la quitridiomycosis.

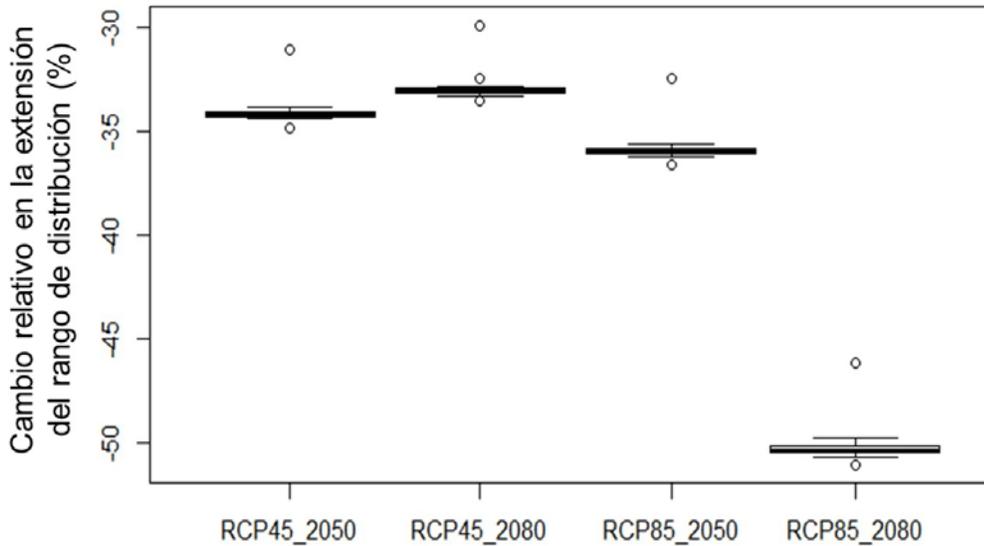
Los efectos del cambio climático futuro sobre el hábitat climáticamente adecuado para *R. darwinii* han sido evaluados por Bourke et al. (2018). Estos autores reportan una potencial expansión en el área con hábitat climáticamente adecuado para la especie en el año 2080, principalmente debido a una expansión de esta área hacia mayores latitudes debido al aumento

de la temperatura ambiental. Por el contrario, debido a la limitada capacidad de dispersión de esta especie, el hábitat potencial (i.e. climáticamente adecuado y a la vez accesible para la especie) podría disminuir en el futuro (Uribe-Rivera et al 2017). Utilizando el modelo de distribución descrito por Uribe-Rivera et al. (2017), se proyectó la distribución del hábitat potencial de esta especie en el futuro (2050 y 2080) bajo dos escenarios de cambio climático (RCP4.5 y RCP8.5; D. Uribe-Rivera, comunicación personal). Estos escenarios representan diferentes trayectorias en el balance de gases de efecto invernadero entre el 2014 y 2100. Estos escenarios consideran emisiones directas de gases de efecto invernadero, así como también proyecciones de crecimiento poblacional, cambio de uso de suelo, crecimiento económico, desarrollo tecnológico, gestión global del cambio climático (por ejemplo, la puesta en práctica de medidas concretas de manejo), factibilidad (económica y tecnológica) de la utilización masiva de energías más limpias, entre otros factores (van Vuuren et al. 2011). El RCP4.5, calificado como un escenario optimista, considera entre otras cosas una estabilización en el crecimiento poblacional en la segunda mitad del siglo XXI, que las nuevas tecnologías de producción energética permitirán que el mercado de la energía limpia se incline hacia su masificación, y que las políticas de uso de suelo permitan ralentizar la pérdida de bosques. El escenario RCP8.5, calificado como pesimista, considera tan solo la estabilización de la población, pero casi nulo impacto del manejo del cambio climático dada la falta de voluntad política, que le daría prioridad al crecimiento económico acelerado, con consecuencias sobre la pérdida de bosques y uso masivo de combustibles fósiles (van Vuuren et al. 2011).

Considerando la limitada capacidad de dispersión de *R. darwinii*, las predicciones muestran que la tendencia se mantiene hacia una reducción en la extensión del rango de distribución de esta especie (D. Uribe-Rivera, comunicación personal). La distribución potencial de *R. darwinii* se espera que se reduzca entre un 33% y un 50% respecto al presente (Figura 12). Como es de esperar, dadas las trayectorias de los escenarios de cambio climático evaluados, en la ventana



Taller de ilustración en acuarela para niños (ONG Ranita de Darwin, 2017), durante esta actividad de educación ambiental los niños ilustraron una ranita de Darwin



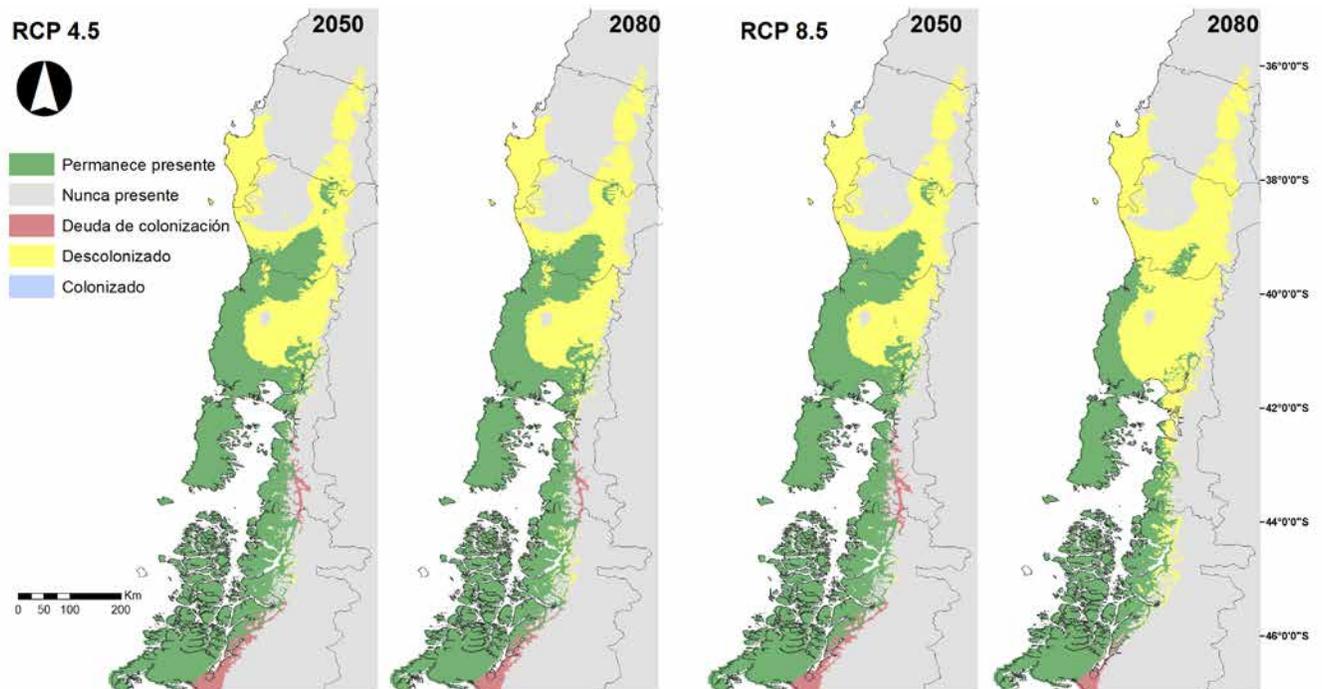
**Figura 12.** Cambios relativos en la extensión del hábitat potencial (hábitat adecuado y accesible) de *Rhinoderma darwinii* proyectado hacia dos ventanas temporales (2050 y 2080) frente a dos escenarios de cambio climático (RCP4.5 y RCP8.5).

temporal 2050 no hay grandes diferencias en los cambios de distribución predichos para ambos escenarios. Sin embargo, la disminución del rango de distribución para el escenario pesimista (RCP8.5) proyectada a 2080 es notablemente mayor que para el escenario optimista (RCP4.5), ya que éste último contempla la reversión de las tendencias actuales de calentamiento global.

Al representar dichas tendencias en un mapa, podemos observar que, tanto para los escenarios optimista como pesimista, conforme la temperatura aumenta, la distribución geográfica de los climas adecuados para *R. darwinii* se desplaza hacia el sur o hacia mayores altitudes (Bourke et al. 2018). Como consecuencia, vastas áreas en la parte norte y este de la distribución actual de *R. darwinii* se tornarán climáticamente inadecuadas para su subsistencia, explicando en gran medida la disminución predicha de la distribución potencial de la especie en el futuro (Figura 13). Esto resalta la relevancia de priorizar los esfuerzos de conservación en esta sección de la distribución histórica de *R. darwinii*, la cual actualmente y más aún en el futuro, se verá sometida a fuertes presiones ambientales (por ejemplo, pérdida de hábitat, enfermedades infecciosas y cambio climático) que amenacen la persistencia de sus poblaciones. Finalmente, se espera que la mayoría de las áreas que se tornen climáticamente adecuadas para *R. darwinii* (i.e. que en la actualidad no son adecuadas, pero lo

serán en el futuro) no serán colonizadas de forma natural por la especie en una escala de tiempo ecológica, debido a su limitada capacidad de dispersión (deudas de colonización; Valenzuela-Sánchez 2017; Figura 13).

Cabe destacar que la metodología utilizada para predecir los potenciales efectos del cambio climático sobre la distribución de *R. darwinii* no incorpora procesos de adaptación local, o la posibilidad de persistencia por plasticidad fenotípica de los individuos. Además, la escala espacial del análisis (celdas de  $\sim 1 \text{ km}^2$ ) podría no ser suficientemente fina dada la reducida área que ocupan las subpoblaciones de esta especie, lo cual podría permitir que subpoblaciones ubicadas en áreas geográficas en que se predigan extinciones locales en el futuro (descolonización) persistan en microrefugios climáticos (escala espacial), se adapten (evolución), o simplemente modulen su comportamiento o fisiología (plasticidad fenotípica), permitiéndoles persistir a pesar de las condiciones menos adecuadas. Por otra parte, teniendo en cuenta la longevidad de esta especie (hasta 15 años en cautiverio; UICN SSC Amphibian Specialist Group 2018), existirán subpoblaciones en que las condiciones desfavorables produzcan un efecto desfasado sobre su persistencia, estando “destinadas a la extinción” pero pudiendo tardar incluso décadas en llegar a la extirpación local de dichas subpoblaciones (Uribe-Rivera et al. 2017). Con



**Figura 13.** Distribución potencial de *Rhinoderma darwinii* en 2050 y 2080 frente a dos escenarios de cambio climático (RCP4.5 y RCP8.5). Las predicciones son generadas utilizando un modelo de distribución de especies que considera variables climáticas, capacidad de dispersión y generación de propágulos (detalles de la metodología en Uribe-Rivera et al. (2017)).

todo esto en mente, debemos ser cautelosos al interpretar los resultados de este análisis. Estos aspectos también indican necesidades urgentes de investigación en relación con esta amenaza para las ranitas de Darwin.

#### 3.6.5. Otras amenazas

La extracción de individuos de *Rhinoderma* spp. para museos o para abastecer el comercio ilegal de mascotas hacia Estados Unidos y Europa fue una práctica común en el pasado, al menos hasta principios de la década de 1990 (Ortiz 1988; Soto-Azat et al. 2013a). Por ejemplo, Soto-Azat et al. (2013a) documentaron la presencia de 838 individuos de *R. rufum* depositados en diferentes museos (principalmente en Europa y Estados Unidos). Más aún, en el Museo de Zoología de Hamburgo, existe un frasco que contiene 188 individuos de *R. rufum*, los cuales fueron recolectados en solo dos jornadas de colecta en Chiguayante en 1975 (Figura 14). Paralelamente uno de los sitios más afectados

por la extracción de individuos de *R. darwinii* fue el Parque Nacional Nahuelbuta (Soto-Azat et al. 2013a).

Las erupciones volcánicas podrían representar algún riesgo para poblaciones locales pequeñas y aisladas de *R. darwinii* en Argentina y Chile (Úbeda & Pastore 2015). Por ejemplo, entre 2008 y 2012 dos erupciones volcánicas de gran magnitud afectaron poblaciones locales de *R. darwinii* (Soto-Azat et al. 2013a). La erupción del volcán Chaitén, en la Región de los Lagos, Chile, se asoció con la aparente extinción de una población local ubicada a 22 km del cráter en un sendero del Parque Pumalín, sector El Amarillo (Soto-Azat et al. 2013a). Adicionalmente, la erupción del volcán Caulle-Puyehue se asoció con una disminución aparente en la abundancia de individuos de *R. darwinii* en una población local en el Parque Nacional Puyehue (Soto-Azat et al. 2013a). El mayor impacto de esta erupción debe haber ocurrido en territorio Argentino, dado que, por los vientos imperantes, el grueso



**Figura 14.** Frasco ubicado en el Museo de Zoología de Hamburgo que contiene 188 especímenes de *Rhinoderma rufum* recolectados en Chiguayante en dos días de colecta en octubre de 1975.

del material piroclástico fue trasladado hacia el este (pluma) y cayó durante unos 6 meses en los bosques limítrofes de Argentina (C. Úbeda, comentario personal).

## 3.7. Conservación de *Rhinoderma* spp.

### 3.7.1. Estado de conservación

*Rhinoderma rufum* está categorizada En Peligro Crítico de extinción y además etiquetada como Posiblemente Extinta (CR[PE]) por la Lista Roja de la UICN. La justificación para esta categorización es que la especie no ha sido observada desde 1981 a pesar de reiterados intentos por encontrar poblaciones (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2015). Asimismo, el

Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) de Chile, la considera como en Peligro Crítico de extinción. Basado en modelos de distribución de especies, Bourke et al. (2012) desarrollaron mapas de distribución potencial de *R. rufum* con el fin de dirigir búsquedas para encontrar poblaciones de esta especie. Por otro lado, usando registros de avistamientos históricos y un modelo de estimación óptima lineal, Soto-Azat et al. (2013a) sugieren que la especie puede haberse extinguido el año 1982 (intervalo de confianza del 95%: 1980–2000).

*Rhinoderma darwinii* está categorizada En Peligro de extinción (EN) por la Lista Roja de la UICN (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2018). El reciente cambio en la categoría de conservación de esta especie en la Lista Roja de la UICN de Vulnerable a En Peligro, surgió del taller de reevaluación de anfibios de Chile para la Lista Roja (ver Soto-Azat et al. 2015). La justificación de su actual categoría se basa en una limitada área de ocupación (estimada en 264 km<sup>2</sup>), severa fragmentación de sus poblaciones y continua declinación de su hábitat. Asimismo, esta especie está categorizada como En Peligro por la RCE de Chile. En Argentina en cambio, esta especie está categorizada como Amenazada según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Resolución 1055/13), categoría que se obtuvo como producto de la de recategorización del estado de conservación de los Anfibios de Argentina realizada en un taller de especialistas (Vaira et al. 2012) siguiendo la metodología descrita por Giraud et al. (2012).

### 3.7.2. Cría en Cautiverio con fines de conservación (conservación *ex situ*).

A través de la cría en cautiverio con fines de conservación se ha impedido la extinción de diversas especies de fauna silvestre (Frankham et al. 2002). Para que este tipo de iniciativas tenga éxito, estas deben ser incorporadas en una estrategia de conservación donde se consideren también, entre otros aspectos, la protección del hábitat y el control de enfermedades infecciosas emergentes (Conde et al. 2011; Byers et al. 2013). Además, el manejo de especies en programas de

conservación *ex situ* puede ser útil para diferentes propósitos, tales como proveer animales para educación ambiental, investigación sobre la biología de las especies, manejo y bienestar, y proveer una reserva demográfica y genética para las poblaciones silvestres (Zippel et al. 2008; Packer & Ballantyne 2010; Conde et al. 2011). En Chile existen dos iniciativas lideradas por la Universidad de Concepción (desde 2009) y el Zoológico Nacional (desde 2010), que, en colaboración con diversas instituciones nacionales e internacionales, desarrollan dos programas independientes de conservación *ex situ* de *R. darwinii* (Fabry-Otte & Tirado-Sepúlveda 2012; Ortiz et al. 2012). Ambas iniciativas de cría en cautiverio buscan salvaguardar la diversidad genética de *R. darwinii* y se plantean en el futuro, la reintroducción de la especie en áreas donde esta ha desaparecido. Ambos centros se encuentran completamente operativos, contando con instalaciones que consideran los requerimientos biológicos, de bienestar de los animales y medidas de bioseguridad para prevenir el ingreso de patógenos, como *Bd*, a las colonias reproductivas, dentro de las cuales ya se han registrados varios eventos exitosos de reproducción y el nacimiento de decenas de crías (Fenolio 2011; Ortiz et al. 2012).

En cuanto a los resultados del programa de cría *ex situ* desarrollado por el Zoológico Nacional de Chile, a partir de un número inicial de ejemplares se ha logrado obtener el ciclo completo de reproducción de la ranita de Darwin en cautiverio. Esta experiencia ha permitido además lograr las condiciones óptimas para la reproducción de la mayoría de los individuos. Otros resultados importantes de este proyecto han sido el desarrollo acabado de los protocolos de manejo, alimentación, nutrición, crianza, conducta, parámetros físicos óptimos para la reproducción, entre otros aspectos. Adicionalmente, se han establecido parámetros de condición corporales, esto quiere decir que se han fijado estándares para evaluar la condición física de los individuos. Ambas iniciativas de cría en cautiverio son activas en la generación de nuevo conocimiento y educación ambiental en relación con la ranita de Darwin (Bourke et al. 2011b, Fabry-Otte & Tirado-Sepúlveda 2012;

Ortiz et al. 2012). En este último aspecto, por ejemplo, el Zoológico Nacional recibió el 2017 cerca de 800.000 visitantes, los que pueden informarse sobre la conservación de la ranita de Darwin en las instalaciones de la cría en cautiverio y el material educativo generado en el zoológico.

Por su parte, el Centro de Reproducción de la Ranita de Darwin de la Universidad de Concepción (Figura 15) funciona desde el año 2009, en un esfuerzo conjunto con el Zoológico de Leipzig, Alemania. Este último financia gran parte de la iniciativa, lo que muestra la gran preocupación que existe a nivel mundial por la conservación de la especie y su estrategia reproductiva única. Los objetivos de este proyecto son varios e incluyen aportar al conocimiento de la especie, conservar una porción de la diversidad genética de la especie, realizar educación ambiental y optimizar los procesos de cría del género *Rhinoderma*, con miras a poder reproducir individuos de *R. rufum*, en caso de encontrarse en la naturaleza, dado que esta especie es una de las recomendadas para rescate por la Arca de los Anfibios ([www.conservationneeds.org](http://www.conservationneeds.org)). El Centro de la UdeC cuenta con individuos de *R. darwinii* de las localidades de Coñaripe y Puyehue. Las de esta última localidad llegaron a este centro en un esfuerzo conjunto entre las Universidades de Concepción y Andrés Bello, el año 2011 y 2012, tras rescatar un total de 14 individuos de *R. darwinii* desde un área contigua a la erupción del volcán Cautín-Puyehue. Dentro de las proyecciones que tiene el Centro de Reproducción de Anfibios de la UdeC, es poder reproducir otras especies amenazadas del bosque templado del sur de Chile, como *Alsodes vanzolinii*. Además, ampliar la reproducción *ex situ* a otras localidades de *R. darwinii*, dando énfasis a aquellas más amenazadas, como son las del norte de su distribución en Cordillera de Nahuelbuta. Para esto, este centro de reproducción colabora con la empresa Arauco S.A. quienes tienen varias poblaciones de *R. darwinii* en sus Áreas de Alto Valor de Conservación, las cuales con monitoreadas y conservadas *in situ*, por profesionales de este centro en conjunto con Bioforest S.A.

Considerando la gran importancia y el rol

fundamental que tiene el rescate de especies de anfibios amenazadas y su reproducción en centros de cría *ex situ*, como se señala en el Plan de Acción para la Conservación de los Anfibios a nivel mundial (Wren et al. 2015), el trabajo conjunto y mancomunado de los dos centros de reproducción *ex situ* de *R. darwinii* y de los diferentes actores claves en la conservación del *Rhinoderma* es crucial para la conservación de las ranitas de Darwin. En este punto,

instituciones públicas como el Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG) juegan un rol fundamental en la facilitación de las acciones y permisos tendientes a la reproducción de estas especies de anfibios y su reintroducción en Chile (previa evaluación de riesgo que tome en cuenta, por ejemplo, patrones de diversidad genética de los individuos introducidos y de las poblaciones receptoras, protocolos de bioseguridad, entre otros factores).



**Figura 15.** Área de reproducción de *Rhinoderma darwinii* en el Centro de Reproducción de la Ranita de Darwin de la Universidad de Concepción



**Parte 4.**

**Simposio y  
taller de actores  
relevantes**





El día 8 de septiembre de 2017, se realizó un Simposio en torno a la Conservación de las ranitas de Darwin. Esta instancia fue una actividad abierta realizada en la Universidad Andrés Bello, que tuvo por objetivo reunir a los actores relevantes y público general interesado en la conservación de las ranitas de Darwin. En el simposio participaron cerca de 300 asistentes. En dicha actividad se contó con la participación de diversas autoridades y 27 expositores nacionales e internacionales que realizaron una actualización sobre el estado de conocimiento de *Rhinoderma*. Además, durante esta instancia se revisaron las bases para la planificación en conservación basada en especies.

Posteriormente, los días 11 y 12 de septiembre de 2017, se procedió a la realización del taller de actores relevantes para la elaboración de la Estrategia Binacional de Conservación de las Ranitas de Darwin, en Puerto Fuy - Reserva Biológica Huilo Huilo. El taller contó con la participación de 30 asistentes, los que fueron invitados en función de su relevancia para la conservación de ambas especies de *Rhinoderma*. Estos incluyeron representantes de las siguientes áreas: funcionarios gubernamentales de Chile y Argentina, academia, sector privado (empresas forestales), agrupaciones representantes de la sociedad civil, organizaciones de conservación y de áreas silvestres protegidas privadas. Durante el taller se siguieron los "Lineamientos para la Planificación de la Conservación de Especies" (IUCN SSC 2017) y también se utilizaron estrategias de conservación de otras especies o grupos taxonómicos como material de apoyo (por ejemplo, Medici et al. 2007, Adams et al. 2014, Ang et al. 2016, Jakob-Hoff et al. 2017).

Durante el taller de actores relevantes, se realizaron las siguientes actividades:

1) Formulación de la visión de la ECRD por los participantes del taller.

2) Se discutió sobre la duración de la ECRD. Se decidió que esta estrategia de conservación tiene un periodo de implementación de 10 años (2018-2028), con una revisión a los 5 años.

3) Discusión del estado actual y amenazas que presentan las dos especies de ranitas de Darwin (trabajo iniciado en el simposio).

4) Ejercicio de identificación de desafíos, obstáculos y amenazas para la conservación de las ranitas de Darwin. Para esto se les solicitó a todos los asistentes que escribieran en un papel los desafíos, obstáculos y amenazas para cada una de las dos especies y para una mejor visualización, estos papeles fueron organizados en una pared, separándolos por especie y por temas.

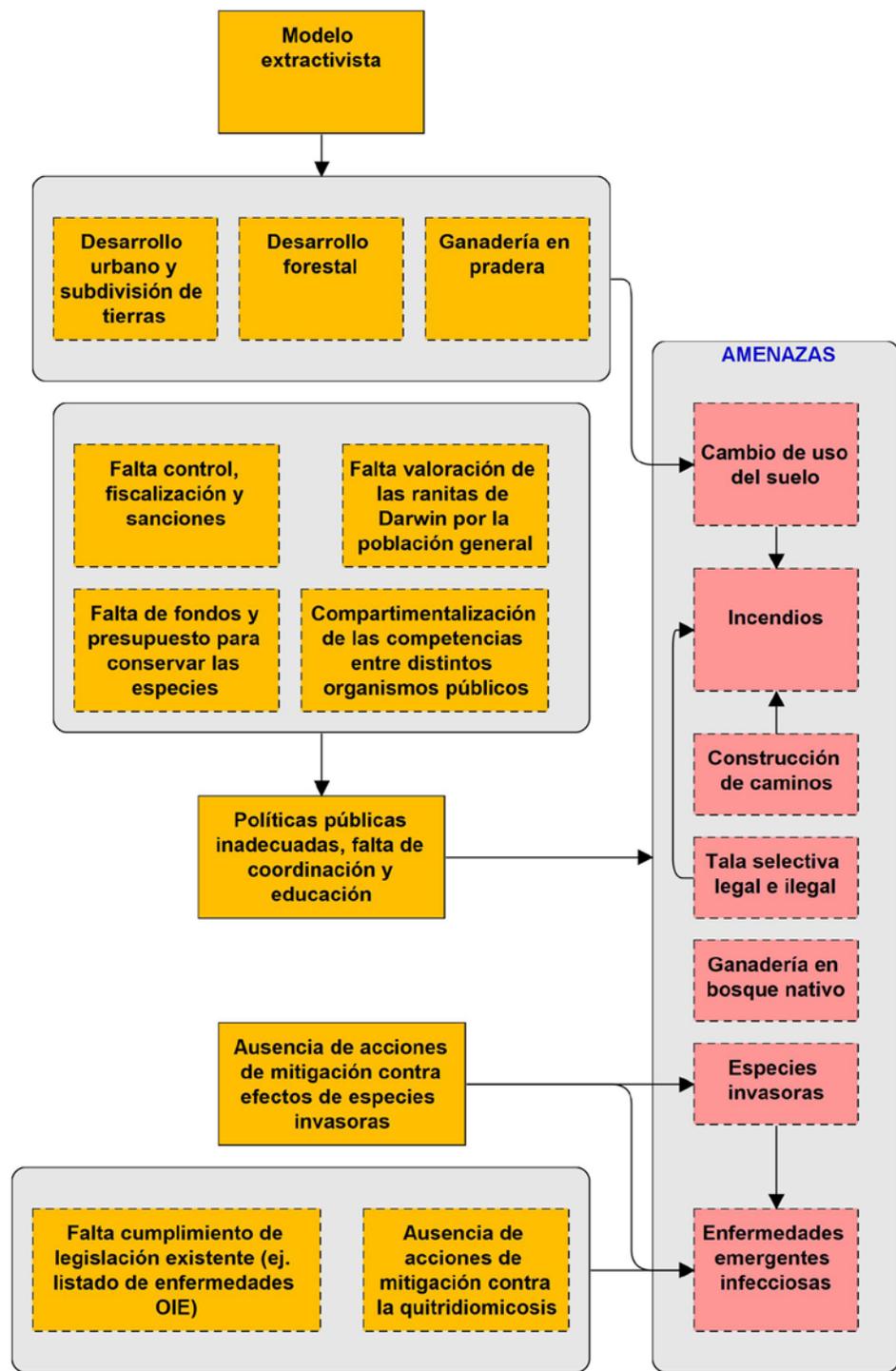
5) Luego de la identificación de los desafíos, obstáculos y amenazas, se establecieron cuatro temas de trabajo que resumían estos aspectos, y cada tema fue abordado por un grupo de trabajo (ver sección 5). Se les solicitó a los participantes que se unieran a los grupos de trabajo basados en sus preferencias y/o experiencia. Luego, se asignaron funciones a los participantes de cada grupo (facilitador, tomador de minutas y cronometrador).

6) Cada grupo tuvo la tarea de identificar barreras y amenazas que tuvieran relación con su tema (ver Figura 15) y desarrollar metas, objetivos y acciones asociadas a estas barreras y amenazas. Cada acción debía contar con un encabezado, responsables, plazos, indicadores, colaboradores potenciales y recursos asociados. La construcción de las metas, objetivos y acciones se realizó siguiendo los criterios SMART (específico, medible, realizable o alcanzable, realista y de duración determinada).

7) Cada grupo presentó a todos los asistentes sus metas, objetivos y acciones, con el fin de recibir retroalimentación y sugerencias.

8) Los asistentes del taller votaron por los objetivos que consideraron urgentes, importantes y oportunistas, de manera de realizar un ranking de priorización de los diferentes objetivos de la ECRD. Esta tabla de priorización basada en objetivos es presentada en la sección 7.

9) Finalmente, se designaron los coordinadores de los grupos de trabajo y se eligieron por

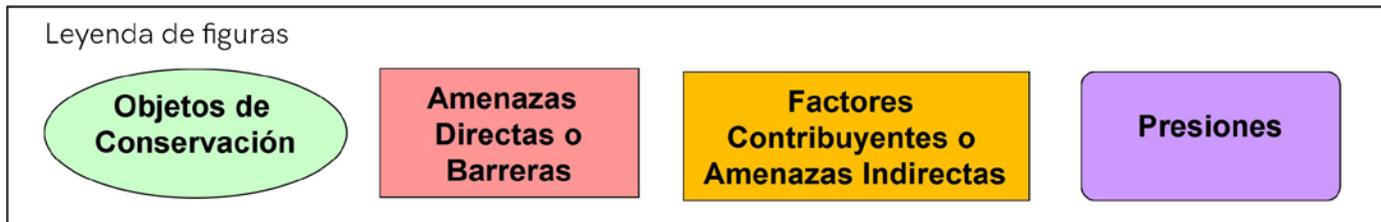
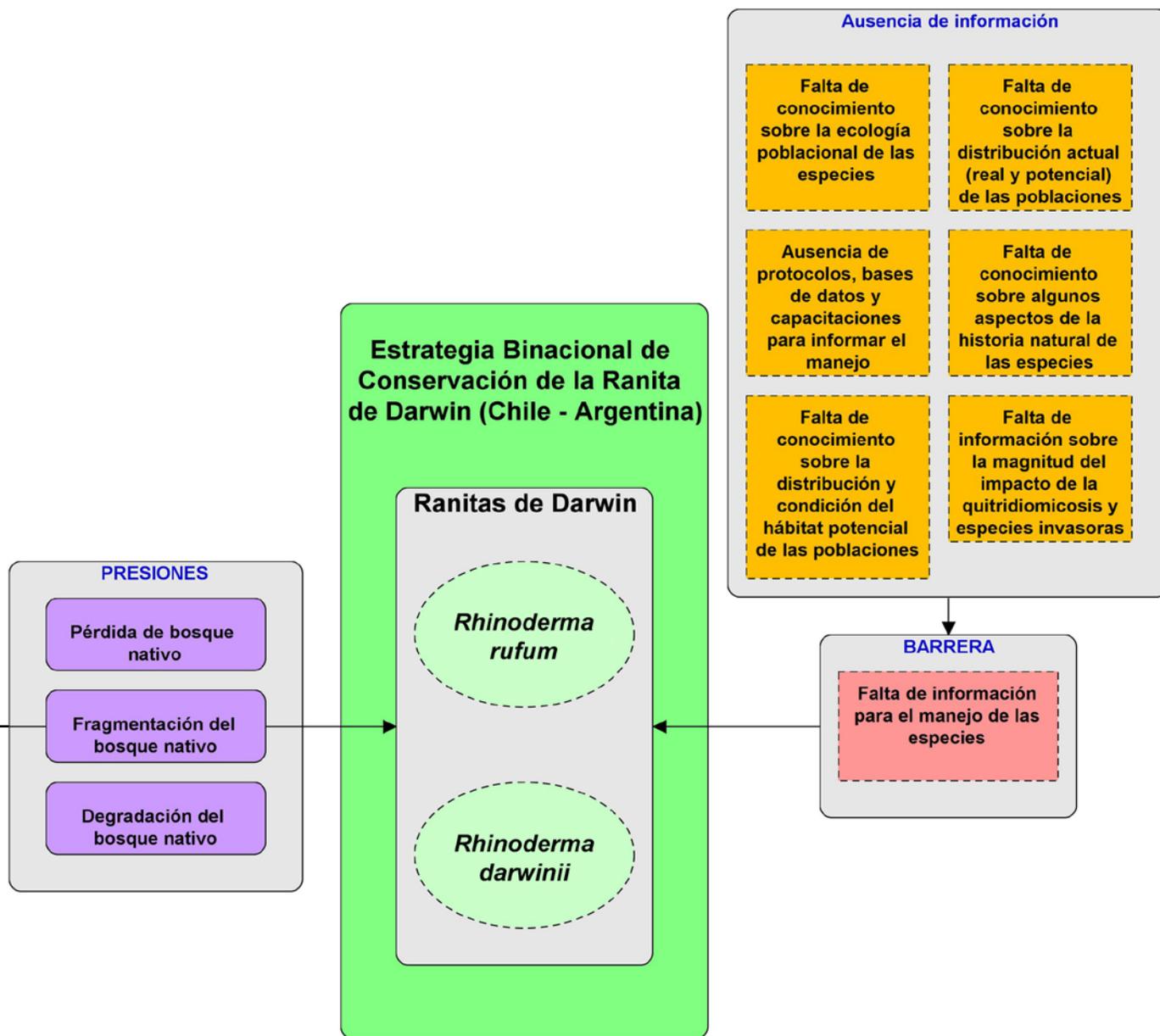


**Figura 15.** Mapa conceptual sobre las amenazas y barreras para la conservación de las ranitas de Darwin identificadas por los grupos de trabajo durante el taller de actores relevantes.

votación los miembros del comité interino de gobernanza (ver sección 5).

Posterior al taller de actores relevantes, durante el primer y segundo semestre de 2018, se editaron las diferentes metas, acciones y objetivos, trabajo que fue facilitado por la coordinadora de apoyo, los coordinadores

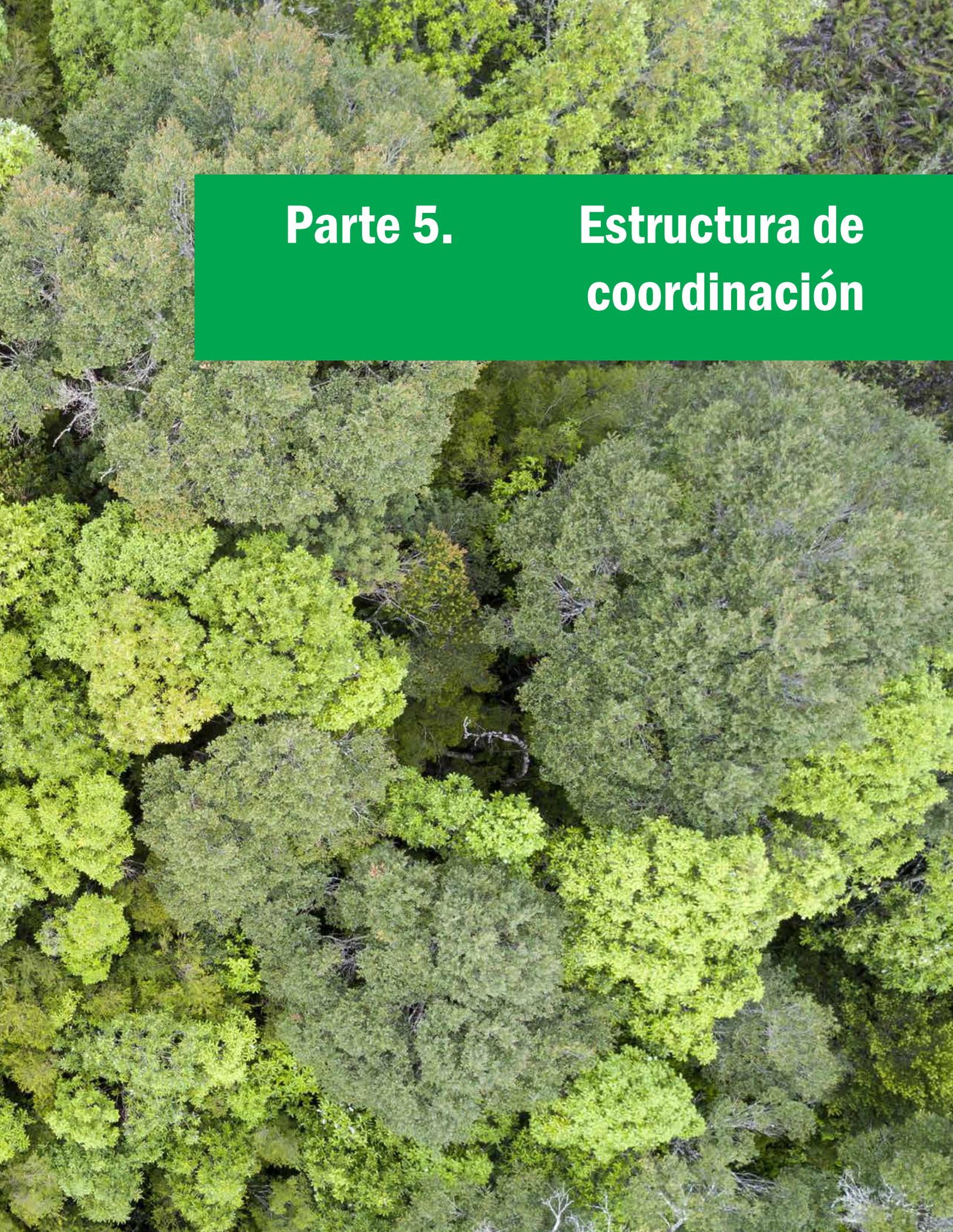
temáticos y el comité interino de gobernanza (ver sección 5). Durante esta instancia, se generó la oportunidad para que todos los actores relevantes aportaran comentarios y ediciones a la ECRD. La planificación estratégica se encuentra sintetizada en 3 metas, 12 objetivos y 39 acciones (ver sección 6). La ECRD tiene como principio básico ser un proceso



adaptativo, mediante la publicación y constante actualización de sus acciones y responsables en un documento vivo hospedado en la página web [www.estrategiarhinoderma.org](http://www.estrategiarhinoderma.org). En este lugar se incorporará la nueva evidencia científica generada, así como también a todos los actores de Argentina, Chile y otras partes del mundo

que puedan interesarse en llevar a la práctica las acciones de conservación propuestas e integrarse a la Alianza Ranita de Darwin.



An aerial photograph of a dense forest with various shades of green. A solid green rectangular box is overlaid on the upper portion of the image, containing white text. The text is split into two parts: 'Parte 5.' on the left and 'Estructura de coordinación' on the right.

**Parte 5.**

**Estructura de  
coordinación**



**Organizadores de la ECRD:** Claudio Soto Azat, Andrés Valenzuela Sánchez, Ariadne Angulo, Sally Wren, Gemma Harding, Andrew Cunningham, Frank Oberwemmer, Verónica Toledo, Mario Alvarado Rybak, Alexandra Peñafiel Ricaurte.

**Facilitadores taller:** Ariadne Angulo, Sally Wren, Gemma Harding.

**Revisión del estado:** Andrés Valenzuela Sánchez, Mario Alvarado Rybak, David Uribe Rivera, José Manuel Serrano, Claudio Soto Azat, Soledad Delgado Oyarzún, Carmen Úbeda, Hernán Pastore, Camila Castro, Guillermo Cubillos, Osvaldo Cabeza.

**Comité interino de gobernanza:** Claudio Soto Azat, Andrés Charrier (co-chairs). Marco Méndez, Camila Castro, José Manuel Serrano (miembros).

**Coordinadora de apoyo:** Soledad Delgado Oyarzún.

**Grupo de trabajo 1 "Pérdida de Hábitat":** Raúl Briones (coordinador), Edgardo Flores, Juan Carlos Ortiz, Liliana Pezoa, Gustavo Chiang, Mariano de la Maza, Constanza Quiroga, Martha Crump.

**Grupo de trabajo 2 "Investigación, cría en cautiverio y cambio climático":** Andrés Valenzuela (coordinador), Marco Méndez, José Serrano, Camila Castro, Frank Oberwemmer, Osvaldo Cabezas.

**Grupo de trabajo 3 "Gestión y Educación":** Leonora Rojas (coordinador), Verónica Toledo, Jorge Carrasco, Maximiliano Sepúlveda, Hernán Pastore, Andrés Charrier, Montserrat Lara, Javiera Lucero.

**Grupo de trabajo 4 "Enfermedades y Especies Invasoras":** Mario Alvarado Rybak (coordinador), Eduardo Raffo, Alexandra Peñafiel, Claudio Soto, Andrew Cunningham.



An aerial photograph of a stunning mountain landscape. In the foreground, a rocky, moss-covered slope descends towards a large, vibrant turquoise lake. The lake is surrounded by lush green forests and a winding river that flows into it. In the background, majestic mountains rise under a blue sky with scattered white clouds. A semi-transparent olive-green banner is overlaid on the upper portion of the image, containing the text 'Parte 6. Metas, objetivos y acciones' in white, bold, sans-serif font.

## Parte 6. Metas, objetivos y acciones



**Meta 1** Para el año 2028, está disponible toda la información clave sobre diversos aspectos de la biología y del estado actual de las poblaciones del género *Rhinoderma*, de forma tal que:

- Se conocen los factores ambientales que permiten predecir la presencia de poblaciones de ranitas de Darwin, lo que facilita la detección de nuevas poblaciones y sitios potenciales de reintroducción.
- Se comprende la dinámica poblacional de las ranitas de Darwin, y los efectos del cambio climático y de la quitridiomycosis sobre estas dinámicas.
- Se determina el estatus taxonómico de *R. rufum* y se conoce el nivel de diversidad genética de las poblaciones de ambas especies de ranitas de Darwin.
- Existen protocolos, bases de datos y programas de capacitación para asistir el manejo *in situ* y *ex situ* de estas especies.

**Meta 2** El impacto de las principales amenazas para las ranitas de Darwin se ha reducido para el año 2028, debido a que:

- Se ha protegido efectivamente el hábitat de las ranitas de Darwin en todas las localidades prioritarias con la presencia confirmada de estas especies, con el fin de revertir las declinaciones poblacionales y facilitar la auto sustentabilidad de las poblaciones.
- Se ha iniciado la restauración ecológica del hábitat de las ranitas de Darwin (se han controlado las amenazas asociadas a la degradación del hábitat) en áreas degradadas con o sin extirpaciones recientes, y en el caso de las áreas donde han ocurrido declinaciones poblacionales o extirpaciones recientes, se ha iniciado la reintroducción a partir de individuos criados en cautiverio (previa evaluación de riesgo que tome en cuenta patrones de diversidad genética de los individuos introducidos y de las poblaciones receptoras, protocolos de bioseguridad, entre otros factores).
- Se controlan las especies invasoras que podrían ser perjudiciales para las ranitas de Darwin, como el hongo causante de la quitridiomycosis de los anfibios o el jabalí, de tal manera que ya no son una amenaza para la sobrevivencia de sus poblaciones.

**Meta 3** La ECRD cuenta con sustento financiero y legal, y con el apoyo de actores claves y del público general para el año 2028, de forma tal que:

- Es reconocida legalmente en Chile mediante la elaboración de un "Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de las Ranitas de Darwin" aprobado según el reglamento para la elaboración de Planes de Recuperación, Conservación y Gestión de Especies (RECOGE).
- Cuenta con recursos financieros y humanos que aseguren su implementación a largo plazo.
- Está instalada en la agenda de trabajo de al menos cuatro actores clave de distintos sectores (por ejemplo: organismos públicos encargados de administrar las áreas protegidas estatales, Ministerio del Medio Ambiente (Chile), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Argentina), empresas forestales, organizaciones de conservación).
- Es comunicada al público general mediante un programa de educación ambiental enfocado en las ranitas de Darwin.

## 6. Metas, objetivos y acciones

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
<b>Obj. 1.1</b>	<b>Identificar áreas de probabilidad de ocupación de poblaciones del género <i>Rhinoderma</i>, considerando los efectos futuros del cambio climático, de la quitridiomycosis y de las especies invasoras sobre la distribución de estas áreas</b>					
1.1.1	Construir modelos de distribución de especies o refinar modelos existentes, considerando variables bioclimáticas y de uso del suelo, para determinar áreas actuales con alta probabilidad de ocupación de poblaciones del género <i>Rhinoderma</i>	ORD	Octubre 2018 - julio 2019	Mapas con idoneidad del hábitat ("habitat suitability") para cada especie son publicados	CONAF, DGA	ORD
1.1.2	Construir modelos de distribución de especies, considerando variables bioclimáticas y de uso del suelo, para explorar los efectos futuros del cambio climático proyectado en la distribución de las especies del género <i>Rhinoderma</i>	ORD, UNAB y Bioforest	Octubre 2018 - julio 2019	Mapas con idoneidad del hábitat para cada especie, proyectados al futuro (2050 y 2080) son publicados	CONAF, DGA	ORD
1.1.3	Determinar áreas de alto riesgo de infecciones con <i>Bd</i> en las ranitas de Darwin y áreas refugio, para priorizar áreas donde pueda ser necesario realizar mitigación de la quitridiomycosis	ORD, UACH, UNAB	Octubre 2018 - julio 2019	Mapas con áreas de alto riesgo y refugio de la infección con <i>Bd</i> en las ranitas de Darwin son publicados	CONAF, DGA	FONDECYT post-doctorado N°3180107, UACH y potencialmente Zoo Leipzig, UNAB, ORD

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
1.1.4	Prospectar al menos 30 nuevas localidades para <i>R. rufum</i> , y al menos 20 nuevas localidades para <i>R. darwinii</i> en Chile y 10 en Argentina, idealmente guiados por los modelos de distribución de especies, con la finalidad de identificar nuevas poblaciones de estas especies y mejorar el conocimiento sobre su área real de ocupación	UCh, ORD, UNAB, UdeC, Zoo Nacional, APN	Noviembre 2018 - diciembre 2021	Nuevas poblaciones son detectadas y publicadas	Bioforest, CMPC NN, UNCo, RECH, SAG, CONAF, MMA, FHH, Forestal Arauco S.A., TNC, MADS	Potencialmente ONGs, servicios públicos, FONDECYT, y otros fondos concursables destinados a la conservación
1.1.5	Determinar el nivel de degradación del hábitat en sitios con presencia de <i>Rhinoderma</i> spp	Academia, ONGs	Primer semestre 2019 - segundo semestre 2020	Informe de sitios degradados de hábitat para las spp	AIFBN, CMPC, Arauco, servicios públicos (MMA, SAG, CONAF, APN, DGA, MADS), academia, ORD, consultoras	Potencialmente ONGs, servicios públicos, FONDECYT, y otros fondos concursables destinados a la conservación
1.1.6	Realizar una revisión bibliográfica, apoyada por prospecciones en terreno, para identificar las especies invasoras que habitan sitios con presencia de <i>Rhinoderma</i> spp y que podrían afectar negativamente a estas especies	UdeC, APN	2018 - 2020	Base de datos y publicación científica	ORD, SAG, CONAF, academia, FHH, MERI, PT, TNC, otras reservas privadas	Potencialmente ONGs, servicios públicos, FONDECYT, y otros fondos concursables destinados a la conservación

## 6. Metas, objetivos y acciones

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
1.1.7	Fortalecer programas de ciencia ciudadana, a fin de conocer nuevas localidades de <i>Rhinoderma</i> spp	ORD, UCh, Zoo Nacional, UdeC	Octubre 2018 - diciembre 2020	Al menos una plataforma está en funcionamiento en diciembre de 2018, y se mantiene en funcionamiento hasta 2028	NN, RECH, SAG, CONAF, MMA, APN, UNCo, MADS	Potencialmente ONGs, servicios públicos, EXPLORA, y otros fondos concursables destinados a la conservación

**Obj. 1.2** Instaurar y fortalecer programas de monitoreo de poblaciones de *Rhinoderma* spp., para entender adecuadamente las dinámicas poblacionales de estas especies e informar su manejo in situ

1.2.1	Implementar programas de monitoreo poblacional y vigilancia epidemiológica (específicamente de la infección con <i>Bd</i> ) de largo plazo en poblaciones locales de <i>R. darwinii</i> y en todas aquellas localidades de <i>R. rufum</i> que puedan encontrarse, y fortalecer programas existentes, con la finalidad de monitorear al menos 20 poblaciones locales de <i>R. darwinii</i> a lo largo de la distribución de la especie	ORD, UNAB, UdeC, Bioforest, APN, CONAF, UNCo, NN, Zoo Nacional	2019 - 2023	Programas necesarios para estudiar al menos 20 poblaciones locales de <i>R. darwinii</i> están establecidos el 2019. Los datos generados son publicados periódicamente (e.g. cada 3-5 años) para proveer información necesaria para el manejo	SAG, MMA, Arauco, CMPC, FHH, MERI, PT, TNC, otras reservas privadas y empresas forestales, MADS	ORD y potencialmente Zoo Leipzig, ONGs, Fondecyt, investigadores, servicios públicos y fondos concursables destinados a conservación
-------	--	--	-------------	---	---	--

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
1.2.2	Estudiar las dinámicas metapoblacionales de <i>R. darwinii</i> (mediante métodos de captura-recaptura y genética) para comprender cómo operan los procesos de dispersión en esta especie, evaluar el rol de especies simpátricas como reservorios/ vectores de <i>Bd</i> , y evaluar como la fragmentación del hábitat podría impactar la persistencia de estas metapoblaciones	ORD, UACH, UNAB	Agosto 2018 - febrero 2021	Artículo científico es publicado y recomendaciones aplicadas al manejo de la especie son entregadas a través del sitio web de la estrategia y organizaciones vinculadas	FHH, CONAF, SAG, MERI, PT, TNC, ZSL, otras reservas privadas	FONDECYT post-doctorado N°3180107, y potencialmente FHH, Zoo Leipzig, UNAB y ORD
1.2.3	Identificar factores que incrementen el riesgo de infección con <i>Bd</i> en las ranitas de Darwin y como el cambio climático podría modular este riesgo	ORD, UACH, UNAB, UdeC	2018 - 2028	Publicaciones científicas	CONAF, SAG, DGA, FHH, MERI, PT, TNC, ZSL, otras	UACH, UNAB y potencialmente FONDECYT, Zoo Leipzig, ORD

**Obj. 1.3 Definir el estatus taxonómico de *R. rufum* y definir unidades evolutivas significativas (ESU) de importancia para la conservación de *R. darwinii***

1.3.1	Definir el estatus taxonómico de <i>R. rufum</i> y definir unidades evolutivas significativas (ESU) de importancia para la conservación de <i>R. darwinii</i>	UCh, UNAB, UdeC	Agosto 2018 - diciembre 2019	Artículo científico es publicado	Museos nacionales e internacionales, ORD	Potencialmente ONGs, servicios públicos y otros fondos concursables destinados a conservación
-------	---	-----------------	------------------------------	----------------------------------	--	---

## 6. Metas, objetivos y acciones

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
1.3.2	Obtener muestras morfológicas y para análisis genéticos del género <i>Rhinoderma</i> (privilegiando material de museo) y definir el estatus taxonómico de <i>R. rufum</i>	UCh, UdeC, UNAB	Marzo 2018 - diciembre 2019	Artículo científico publicado	Universidad de Cardiff (Reino Unido), FHH, MERI, PT, APN, TNC	Potencialmente ONGs, servicios públicos, investigadores y otros fondos concursables destinados a conservación

**Obj. 1.4** **Compilar, generar y poner a disposición (mediante protocolos, bases de datos y programas de capacitación) toda la información clave sobre la distribución geográfica, biología, comportamiento y estado poblacional del género *Rhinoderma* para informar el manejo *ex situ* e *in situ* de estas especies**

1.4.1 Crear y manejar una plataforma web de información pública, abierta y actualizada sobre localidades con presencia de ranitas de Darwin (obligatoriedad de subir información obtenida con recursos públicos; programas de ciencia ciudadana; SEIA, etc)

MMA, APN

2019 plataforma en línea, 2020 - 2028 datos son actualizados anualmente

Plataforma web con base de datos disponible y actualizada anualmente con toda la información recopilada

CONAF, Academia, ORD, SEIA

Potencialmente MMA, APN y otros servicios públicos

1.4.2 Sistematizar información de presencia y degradación del hábitat de las ranitas de Darwin existente desde organismos públicos y privados

MMA, ORD, APN

2018 - 2019

Cartografía de sitios degradados con presencia de ranitas de Darwin y análisis del estado de degradación de cada sitio

AIFBN, privados (forestales), servicios públicos (SAG, CONAF, DGA), academia, ONGs, consultoras

Potencialmente MMA, ORD, APN

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
1.4.3	Elaborar un protocolo estandarizado de monitoreo poblacional de <i>Rhinoderma</i> que pueda ser factible de aplicar por diferentes equipos de investigación y por manejadores de áreas silvestres protegidas estatales y privadas (idealmente mediante la realización de un taller de trabajo)	ORD, UNAB, UdeC, Bioforest, NN, Zoo Nacional, UNCo, UCh, UACH, APN	Octubre 2018 – marzo 2019	Documento publicado en sitio web de la estrategia en noviembre de 2018 y es actualizado periódicamente si corresponde	SAG, CONAF, MMA, MADS	ORD y potencialmente Zoo Leipzig, academia, ONGs y servicios públicos
1.4.4	Realizar capacitación y transferencia de conocimiento a los organismos y personal encargados de implementar el monitoreo poblacional	ORD, APN, academia	2019 – 2020	Personal capacitado en todas las áreas de interés	CONAF, empresas forestales	Potencialmente fondos públicos y privados (programas de capacitación de MMA, CONAF, empresas forestales)
1.4.5	Generar un protocolo para el manejo <i>ex situ</i> de ejemplares del género <i>Rhinoderma</i> y para la reintroducción de estos individuos en la naturaleza (idealmente mediante la realización de un taller de trabajo)	UdeC, Zoo Nacional, UCh, ORD	Octubre 2018 – marzo 2019	Documento publicado en sitio web de la estrategia y es actualizado periódicamente si corresponde	SAG, CONAF, MMA, APN, MADS	Potencialmente UdeC, Zoo Nacional, ONGs

## 6. Metas, objetivos y acciones

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
1.4.6	Generar un protocolo con recomendaciones sobre los procedimientos a seguir si una población de <i>R. rufum</i> es encontrada (idealmente mediante la realización de un taller de trabajo)	ORD, UdeC, UNAB, Zoo Nacional, UCh	Octubre 2018 - marzo 2019	Documento publicado en sitio web de la estrategia y es actualizado periódicamente si corresponde	SAG, CONAF, MMA	ORD, UdeC, UNAB, Zoo Nacional, UCh
1.4.7	Determinar el sistema de apareamiento por medio de métodos genéticos de identificación de paternidad que permitan enlazar el conocimiento sobre el comportamiento vocal y el posible rol sexual revertido de <i>R. darwinii</i>	UCh	Noviembre de 2018 - diciembre 2020	Publicación científica e implementación de los hallazgos en las unidades de manejo <i>ex situ</i>	ORD, Universidad de Cardiff (Reino Unido), UNAB, UdeC, Zoo Nacional	Potencialmente UCh y otros fondos concursables destinados a conservación e investigación

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
<b>Obj. 2.1 Aumentar la protección efectiva de sitios con presencia de ranitas de Darwin</b>						
2.1.1	Priorizar sitios con presencia de <i>R. rufum</i> (en toda su distribución) y de <i>R. darwinii</i> (en la cordillera de la Costa entre Concepción y Valdivia) para la creación de áreas protegidas públicas o privadas	CONAF, MMA	Enero 2020 (en el caso de <i>R. rufum</i> deben identificarse poblaciones de la especie previamente)	Propuestas de creación de al menos un área protegida por especie	AIFBN, academia, ORD, NN, CMPC	Potencialmente fondos públicos y/o privados para adquisición de territorio para crear área protegida
2.1.2	Fomentar el derecho real de conservación como opción de proteger ambientes con presencia de ranitas de Darwin fuera de áreas protegidas del Estado	MMA, CONAF	Enero 2019	Al menos 5 predios han implementado derecho real en sitios con presencia de las especies al año 2028	AIFBN, academia, ORD, NN	Potencialmente MMA, CONAF y otros fondos concursables destinados a conservación
<b>Obj. 2.2 Recuperar y restaurar el hábitat potencial de las especies que ha sido degradado</b>						
2.2.1	Priorizar sitios degradados con presencia de ranitas de Darwin para su restauración	Academia, ONGs	Primer semestre 2021	Lista de sitios prioritarios para la recuperación y restauración de hábitat de las ranitas de Darwin (ranking)	Privados (empresas forestales), CMPC, Arauco, servicios públicos (MMA, SAG, CONAF, APN, MADS), AIFBN	Potencialmente ONGs, servicios públicos, investigadores y otros fondos concursables destinados a conservación

## 6. Metas, objetivos y acciones

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
2.2.2	Diseñar e implementar medidas de recuperación y/o restauración del hábitat de las ranitas de Darwin en sitios prioritarios, considerando a las comunidades locales	MMA (fuera de ASP), CONAF y APN (en ASP), empresas forestales	Segundo semestre 2021 - 2028	Al menos 5 sitios prioritarios recuperados y/o restaurados al año 2028	ORD, CMPC, Arauco, AIFBN, Academia, ONGs, MADS	Potencialmente fondos públicos y privados disponibles (programas de restauración de CONAF, MMA y forestales)

### Obj. 2.3 Eliminar *Bd* como una amenaza para las ranitas de Darwin

2.3.1	Probar la efectividad de diferentes métodos (e.g. exclusiones, tratamientos in situ) para prevenir el ingreso de <i>Bd</i> a poblaciones de ranita de Darwin o para reducir/eliminar estas infecciones en poblaciones ya infectadas	ORD, UACH, UNAB	2018 - 2021	Artículos científicos publicados y recomendaciones aplicadas al manejo de la especie son entregadas a través del sitio web de la estrategia y organizaciones asociadas	FHH, CONAF, SAG, MERI, PT, TNC, otras reservas privadas	Proyecto FONDECYT post-doctorado N° 3180107, y potencialmente Zoo Leipzig, UNAB, ORD
2.3.2	Evaluar la translocación de animales (luego de la aplicación de un tratamiento adecuado) desde sitios con la presencia de <i>Bd</i> hacia sitios libres de este patógeno	ORD, UACH, UNAB	2021 - 2028	Poblaciones translocadas auto-sustentables, publicaciones científicas	CONAF, SAG, APN, UdeC, Zoo Nacional, CONICYT, CONICET, Fundación Huilo Huilo, Fundación MERI, Parque Tantauco, TNC	Potencialmente UNAB, FONDECYT, Zoo Leipzig, ORD

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
2.3.3	Desarrollar y reforzar protocolos de bioseguridad para investigadores, guardaparques, turistas, etc	UNAB, ORD, SAG, CONAF, UACH, RECH	2019 protocolos desarrollados y aceptados; 2020 - 2028 protocolos aplicados	Protocolos disponibles en la web de la ECRD. Permisos de captura (e.g. SAG, CONAF, APN) requieren medidas específicas para minimizar la diseminación de <i>Bd</i>	SAG, CONICYT, CONICET, FHH, MERI, PT, TNC, otras reservas privadas	Potencialmente UNAB, FONDECYT, Zoo Leipzig, ORD
2.3.4	Evaluar la incorporación de <i>Bd</i> y <i>Ranavirus</i> como enfermedades de notificación obligatoria en Chile, según lo recomendado por la OIE	SAG	Inicio en tercer trimestre de 2018	Si se incorporan, inclusión de las enfermedades en reportes OIE e inicio de vigilancia pasiva	UNAB, ORD, UACH	SAG
2.3.5	Campaña para generar conciencia en el público general y legisladores sobre los efectos negativos de la quitridiomycosis y para enseñar como disminuir su propagación	MMA, CONAF, APN	2019 campaña y material asociados generados; 2020 - 2028 se da difusión a la campaña	Página web de la ECRD. Material educativo distribuido en el acceso de ASPs, colegios, medios de comunicación, redes sociales, etc. Reuniones con legisladores claves	SAG, Academia, FHH, MERI, PT, TNC, otras reservas privadas, MADS	Potencialmente MMA, SAG, CONAF, ORD, APN, Zoo Leipzig y otros fondos concursables destinados a conservación

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
<b>Obj. 2.4</b>	<b>Erradicar/controlar especies invasoras que son una amenaza para las ranitas de Darwin (por ejemplo: jabalí)</b>					
2.4.1	Diseñar e implementar programas de control para especies invasoras identificadas como amenazas para las ranitas de Darwin	Academia, SAG, CONAF, APN	2019 programas son diseñados; 2020 - 2028 programas son aplicados	Programas de control son diseñados y aplicados	Gobiernos regionales, FHH, MERI, PT, TNC, MADS, otras reservas privadas	Potencialmente ONGs, servicios públicos y otros fondos concursables destinados a conservación

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
<b>Obj. 3.1</b>	<b>Validar la ECRD legalmente en Chile de acuerdo con el reglamento de los Planes de Recuperación y Gestión de Especies (RECOGE)</b>					
3.1.1	Se presenta la propuesta del "Plan de Recuperación y Conservación y Gestión de las ranitas de Darwin" al Ministerio del Medio Ambiente de Chile para ser ingresado por procedimiento abreviado	Participantes de la ECRD	Primer semestre 2019	Resolución MMA de inicio de procedimiento abreviado del Plan RECOGE de las ranitas de Darwin	MMA	MMA, ORD, UNAB y potencialmente Zoo Leipzig
3.1.2	Elaboración del documento final del Plan de Recuperación y Conservación y Gestión de ranitas de Darwin, por parte del Grupo de Elaboración (grupo núcleo) en coordinación con el Comité de Planes del MMA	Grupo de Elaboración del Plan (grupo núcleo), en coordinación con el Departamento de Conservación de Especies del MMA	Tercer trimestre 2019	Envío a Gabinete MMA del Plan de Recuperación y Conservación y Gestión de las ranitas de Darwin	Participantes de la ECRD	Potencialmente Zoo Leipzig, ORD, MMA y otros fondos concursables destinados a conservación
<b>Obj. 3.2</b>	<b>Asegurar financiamiento para ejecutar todas las acciones de la ECRD</b>					
3.2.1	Elaborar un presupuesto para determinar el financiamiento necesario para las diferentes etapas de la ECRD	Comité interino de gobernanza, ORD, UNAB	Segundo semestre 2018	Documentos con detalle presupuestario de las acciones a realizar a 10 años	MMA, CONAF, APN, SAG, ONGs y academia, MADS	Comité interino de gobernanza, ORD, UNAB

## 6. Metas, objetivos y acciones

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
3.2.2	Postular a fondos concursables para asegurar el financiamiento de las diferentes etapas de la ECRD	Según distribución de tareas en la estrategia	Segundo semestre 2018 - primer semestre de 2019	Documentos que acrediten postulación	MMA, CONAF, APN, SAG, ONGs y academia, MADS	Potencialmente ONGs, servicios públicos e investigadores

### Obj. 3.3 Instalar la estrategia de conservación de manera coordinada en las agendas de trabajo de, al menos, cuatro actores clave de distintos ámbitos

3.3.1	Crear un marco regulatorio que asegure la entrega de información por parte de todos los actores de relevancia para alimentar la base de datos de poblaciones de ranitas de Darwin (ver acción 1.4.1.)	CONAF, SAG y APN (permisos de investigación y recolecta), MMA (SEIA)	Segundo semestre 2018 - primer semestre de 2019	Al año 2019 se han implementado marcos regulatorios en los servicios públicos que entregan permisos de recolecta, investigación o líneas base para incluir obligatoriedad en entrega de datos	Academia, ONGs, empresas forestales, MADS	Potencialmente CONAF, SAG, MMA
3.3.2	Identificar actores sociales clave, a escalas central, regional y local (incluyendo empresas forestales pequeñas, medianas y grandes) y formalizar la incorporación de las acciones de la ECRD en sus agendas de trabajo	Comité interino de gobernanza, ORD, UNAB, AIFBN	Segundo semestre 2018 - primer semestre de 2019	Número de documentos de compromiso suscritos por medio de convenios, actas, acuerdos o suscripciones	Direcciones regionales de servicios públicos, ONGs, academia, Forestal Arauco	Comité interino de gobernanza, ORD, UNAB, AIFBN

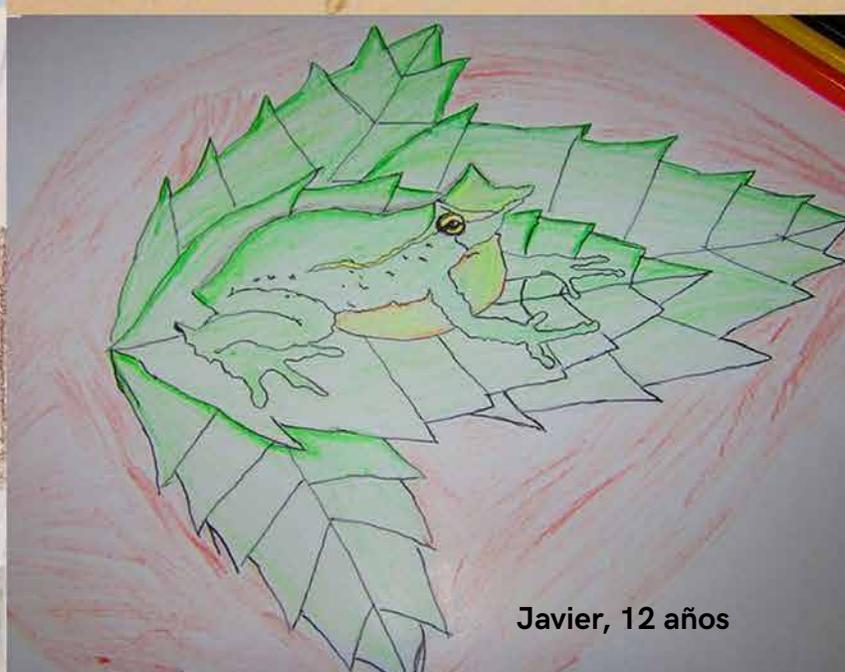
No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
3.3.3	Incorporar a la ECRD a todas las empresas forestales certificadas bajo los estándares del Forest Stewardship Council (principio 9 de dicha certificación indica que "La Organización deberá desarrollar estrategias efectivas para mantener y/o mejorar los Altos Valores de Conservación identificados, involucrando a los actores afectados e interesados y a expertos en la materia"	Bioforest, comité interino de gobernanza, ORD	Octubre 2018 - diciembre 2020	Todas las empresas forestales certificadas en Forest Stewardship Council están incorporadas a la ECRD	Forest Stewardship Council Chile, CMPC	Fondos de empresas forestales y Forest Stewardship Council Chile
3.3.4	Sensibilizar a tomadores de decisión de alto nivel	Comité interino de gobernanza, AIFBN, ORD	Segundo semestre 2018 - segundo semestre 2019	Número de reuniones de sensibilización o actas de reunión con tomadores de decisión de alto nivel	Academia, privados y servicios públicos	AIFBN, comité interino de gobernanza, ORD

**Obj. 3.4 Dar inicio a un programa de educación ambiental sobre las ranitas de Darwin y de difusión de la ECRD**

3.4.1	Diseño e implementación del programa de educación ambiental en relación con las ranitas de Darwin a distintos públicos objetivos y priorizados según necesidades de conservación	Zoo Nacional	2019 programa es diseñado; 2020 - 2028 programas es aplicado	Programa diseñado e implementado (incluye la creación de un manual para docentes). Página web ECRD	ORD, AIFBN, UNAB, FHH, MERI, PT, privados, CONAF, APN, RECH, MADS, MMA, Ministerio de Educación	Potencialmente ONGs, servicios públicos, investigadores y otros fondos concursables destinados a conservación
-------	--	--------------	--	--	---	---

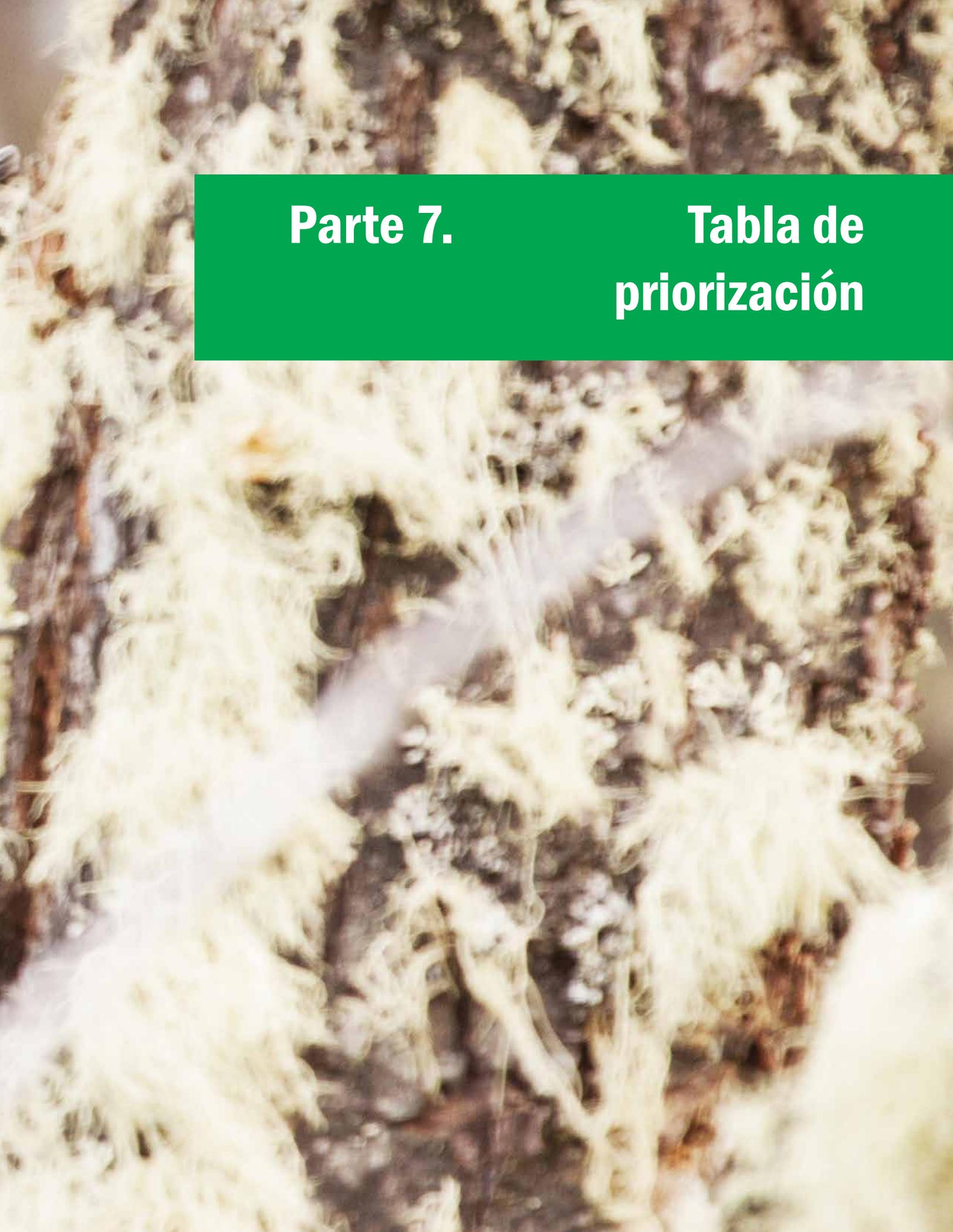
## 6. Metas, objetivos y acciones

No.	Acción	Responsables	Plazos	Indicadores	Colaboradores potenciales	Recursos
3.4.2	Difusión y comunicación estratégica de la ECRD	Comité interino de gobernanza, ORD, ONGs	Primer trimestre 2019	Número de actividades de difusión, salidas en prensa. Página web ECRD. Difusión ECRD	Academia y servicios públicos (e.g. MMA, municipios, Sistema de Certificación Ambiental Municipal), MADS	Potencialmente ORD y Zoo Leipzig



Obras participantes del concurso "Dibuja una ranita de Darwin" (ONG Ranita de Darwin, 2017), donde niños de Iquique a Punta Arenas, en Chile, ilustraron a esta increíble especie



A close-up photograph of a bird's nest, showing a dense collection of light-colored, fibrous material (likely moss or lichen) and dark, woody twigs. The nest is set against a blurred background. A solid green rectangular box is overlaid on the upper right portion of the image, containing white text.

**Parte 7.**

**Tabla de  
priorización**



Objetivo	U	I	O	Total	U+I	Ranking*
2.2 Recuperar y restaurar el hábitat potencial de las especies que ha sido degradado	8	10	1	19	18	1
2.1 Aumentar la protección efectiva de sitios con presencia de ranitas de Darwin	6	11	8	25	17	2
1.3 Definir estatus taxonómico de <i>R. rufum</i> y definir unidades de importancia para la conservación (ESUs) para <i>R. darwini</i>	9	3	1	13	12	3
1.1 Identificar áreas de ocupación y áreas con alta probabilidad de ocupación de poblaciones del género <i>Rhinoderma</i> , considerando los efectos futuros del cambio climático proyectado y de la quitridiomycosis sobre la distribución de estas áreas	9	1	0	10	10	4
1.2 Instaurar y fortalecer programas de monitoreo de poblaciones de <i>Rhinoderma</i> spp, para entender adecuadamente las dinámicas poblacionales de estas especies e informar su manejo in situ	9	1	15	25	10	5
2.3 Eliminar <i>Bd</i> como una amenaza para las ranitas de Darwin	1	8	0	9	9	6
3.2 Asegurar financiamiento para ejecutar todas las acciones de la ECRD	5	4	0	9	9	7
3.3 Instalar la estrategia de conservación de manera coordinada en las agendas de trabajo de, al menos, cuatro actores clave de distintos ámbitos (CONAF, MMA, ONG's, empresas, CONICYT, etc)	0	7	8	15	7	8
2.4 Erradicar/controlar especies invasoras que son una amenaza para las ranitas de Darwin (e.g. jabalí)	3	0	2	5	3	9
3.4 Dar inicio a un programa de educación y difusión para difundir la ECRD y la importancia de las ranitas de Darwin	3	0	4	7	3	10
3.1 Validar la ECRD legalmente en Chile de acuerdo con el reglamento de los Planes de Recuperación Conservación y Gestión de Especies (RECOGE)	1	1	4	6	2	11
1.4 Compilar, generar y poner a disposición (mediante protocolos, bases de datos y programas de capacitación) toda la información clave sobre la biología, comportamiento y estado poblacional del género <i>Rhinoderma</i> para informar el manejo <i>ex situ</i> e <i>in situ</i> de estas especies.	0	0	17	17	0	12

\* El ranking se basa solo en la sumatoria de Urgente (U) + Importante (I), entendiéndose que los objetivos considerados como Oportunistas (O) se pueden cumplir sin esfuerzo adicional y no indican ni importancia ni urgencia.



A close-up photograph of a sloth's fur and tail. The fur is thick and shaggy, with a mix of brown and tan colors. The tail is visible on the left side, showing a lighter, more uniform brown color. The background is dark and out of focus, suggesting a natural habitat.

**Parte 8.**

**Referencias**



- Adams SL, Morton MN, Terry A, Young RP, Dawson, J, Martin L, et al. (2014) Long-Term Recovery Strategy for the Critically Endangered mountain chicken 2014-2034. Mountain Chicken Recovery Programme.
- Ang A, D’Rozario V, Jayasri SL, Lees CM, Li TJ, Luz S (2016) Species Action Plan for the Conservation of Raffles’ Banded Langur (*Presbytis femoralis femoralis*) in Malaysia and Singapore. IUCN SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, MN, EUA.
- Armesto J, Villagrán C, Donoso C (1994) Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado chileno. *Ambiente y Desarrollo* 1: 66-72
- Armesto JJ, Manuschevich D, Mora A, Smith-Ramirez C, Rozzi R, Abarzúa AM, Marquet PA (2010) From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land Use Policy* 27: 148-160
- Bacigalupe LD, Soto-Azat C, García-Vera C, Barría-Oyarzo I, Rezende EL (2017) Effects of amphibian phylogeny, climate and human impact on the occurrence of the amphibian-killing chytrid fungus. *Global Change Biology* 23: 3543-3553.
- Barros R (1918) Notas sobre el “sapito vaquero” (*Rhinoderma darwinii* Dum. & Bibron). *Revista Chilena de Historia Natural* 22: 71-75.
- Berger L, Speare R, Daszak P, Green DE, Cunningham AA, Goggin CL, et al. (1998) Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95: 9031-9036.
- Bourke J, Ulmer P, Mutschmann F, Busse K, Werning H, Böhme W (2010) *Batrachochytrium dendrobatidis* in Darwin’s frog (*Rhinoderma darwinii*), Chile. *Diseases of Aquatic Organisms* 92: 217-221.
- Bourke J (2012) Darwin’s frogs: ecology and conservation in Chile (Anura: Rhinodermatidae). Tesis de Doctorado (Dr. rer. nat.), Universidad de Bonn, Alemania.
- Bourke J, Busse KC, Bakker TM (2011a) Sex differences in polymorphic body coloration and dorsal pattern in Darwin’s frogs (*Rhinoderma darwinii*). *Herpetological Journal* 21: 227-234.
- Bourke J, Barrientos C, Ortiz JC, Busse K, Böhme W, Bakker TC (2011b) Colour change in Darwin’s frogs (*Rhinoderma darwinii*, Duméril and Bibron, 1841) (Anura: Rhinodermatidae). *Journal of Natural History* 45: 2661-2668.
- Bourke J, Ohst T, Gräser Y, Böhme W., Plötner, J (2011c) New records of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Chilean frogs. *Diseases of Aquatic Organisms* 95: 259-261.
- Bourke J, Busse K, Böhme W (2012) Searching for a lost frog (*Rhinoderma rufum*): identification of the most promising areas for future surveys and possible reasons of its enigmatic decline. *North-Western Journal of Zoology* 8: 99-106.
- Bourke J, Busse K, Böhme W (2018) Potential effects of climate change on the distribution of the endangered Darwin’s frog. *North-Western Journal of Zoology* 2018: e171508.
- Bürger O (1905) La Neomelia de la *Rhinoderma darwinii* D. & B. *Memorias Científicas I Literarias*, Imprenta Cervantes. pp. 585-604.
- Busse K (1970) Care of the young by male *Rhinoderma darwinii*. *Copeia* 2: 395.

## 8. Referencias

---

- Busse K (2002) Darwin's Frogs in Danger; *Rhinoderma*, Are there any *Rhinoderma rufum* left in Chile? *Reptilia* 25: 63-67.
- Busse K (2004) Biología de la reproducción del Sapito de Darwin (*Rhinoderma Darwinii*) y su cría en cautividad. En: Iriarte A, Tala C, González B, Zapata B, González G, Maino M (eds.). Cría en Cautividad de Fauna Chilena. Servicio Agrícola Ganadero, Santiago, Chile. pp. 139-146.
- Byers O, Lees C, Wilcken J, Schwitzer C (2013) The One Plan approach: The philosophy and implementation of CBSG's approach to integrated species conservation planning. *WAZA Magazine* 14: 2-5.
- Cei JM (1958) Las láminas originales del suplemento a los Batraquios chilenos de Phillipi: primera impresión y comentarios. I. *Investigaciones Zoológicas Chilenas* 4: 245.
- Cei JM (1962) *Batracios de Chile*. Editorial Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Chancellor G, Van Wyhe J (2009) *Charles Darwin's notebooks from the voyage of the Beagle*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Clobert J, Galliard L, Cote J, Meylan S, Massot M (2009) Informed dispersal, heterogeneity in animal dispersal syndromes and the dynamics of spatially structured populations. *Ecology Letters* 12: 197-209.
- Conde DA, Flesness N, Colchero F, Jones OR, Scheuerlein A (2011) An emerging role of zoos to conserve biodiversity. *Science* 331: 1390-1391.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF) (2017) *Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile*. Disponible en: <http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/catastro-vegetacional/>
- Cooper JE, Needham JR, Griffin JA (1978) A bacterial disease of the Darwin's Frog (*Rhinoderma darwinii*). *Laboratory Animals* 12: 91-93.
- Crump ML (2002) Natural history of Darwin's frog *Rhinoderma darwinii*. *Herpetological Natural History* 9: 21-31.
- Crump ML, Veloso A (2005) El aporte de observaciones de terreno y del análisis genético para la conservación de *Rhinoderma darwinii* en Chile. En: Smith-Ramirez C, Armesto JJ, Valdovinos C (eds.). *Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. Pp. 452-455.
- Cuevas CC (2014) Native forest loss impacts on anuran diversity: with focus on *Rhinoderma rufum* (Philippi 1902) (Rhinodermatidae) in coastal range, south-central Chile. *Gestión Ambiental* 27: 1-18.
- Donoso-Barros R (1970) Catálogo herpetológico chileno. *Boletín del Museo Nacional Historia Natural (Chile)* 31: 61-113.
- Duméril A, Bibron G (1841) *Erpétologie générale ou histoire naturelle complete des reptiles*. Librairie Encyclopédique de Roret, Paris, Francia.
- Duncan AB, Gonzalez A, Kaltz O (2015) Dispersal, environmental forcing, and parasites combine to affect metapopulation synchrony and stability. *Ecology* 96: 284-290.
- Echeverría C, Coomes D, Salas J, Rey-Benayas JM, Lara A, Newton A (2006) Rapid deforestation and

- fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation* 130: 481–494.
- Fabry-Otte M, Tirado-Sepúlveda M (2012) Rol del Zoológico Nacional en la conservación de los anfibios de Chile: el ejemplo de *Rhinoderma darwinii*. En: Soto-Azat C, Valenzuela-Sánchez A (eds.). *Conservación de anfibios de Chile*. Universidad Nacional Andrés Bello, Santiago, Chile. pp. 84–85.
- Fenolio D (2011) The Darwin's Frog Conservation Initiative. *Connect Magazine*, agosto 2011, pp. 33.
- Formas R, Pugin E, Jorquera B (1975) La identidad del batracio chileno *Heminectes rufus* Philippi, 1902. *Physis, Section C* 89: 147–157.
- Formas R (1976) New karyological data of *Rhinoderma*: the chromosomes of *Rhinoderma rufum*. *Experientia* 32: 1000–1002.
- Formas JR (1979) La herpetofauna de los bosques temperados de Sudamérica. En: Duellman W (ed.) *The South America herpetofauna: its origin, evolution and dispersal*. Monograph 7. Lawrence, Kansas, USA. Museum of Natural History, University of Kansas. p. 341–369.
- Formas JR (2013) External morphology, chondrocranium, hyobranchial skeleton, and external and internal oral features of *Rhinoderma rufum* (Anura, Rhinodermatidae). *Zootaxa* 3641: 395–400.
- Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA (2002) *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Frêne C, Núñez M (2010) Hacia un nuevo Modelo Forestal en Chile. *Revista Bosque Nativo* 47: 25–35.
- Gay C (1848) *Atlas de la historia física y política de Chile, tomo segundo*. Imprenta de Maulde y Renot, Paris, Francia.
- Gaillard J-M, Lemaître J-F, Berger V, Bonenfant C, Devillard S, Douhard M, et al. (2016) Life Histories, Axes of Variation in. En: Kliman RM (ed.). *Encyclopedia of Evolutionary Biology*. vol. 2. Academic Press, Oxford, Reino Unido. pp. 312–323.
- Gaillard J-M, Yoccoz NG (2003) Temporal variation in survival of mammals: a case of environmental canalization? *Ecology* 84: 3294–3306.
- Ghirardi R, Levy MG, López JA, Corbalán V, Steciow MM, Perotti MG (2014) Endangered amphibians infected with the chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in austral temperate wetlands from Argentina. *Herpetological Journal* 24: 129–133.
- Giraud AR, Duré M, Schaefer E, Lescano JN, Etchepare E, Akmentins MS, et al. (2012). Revisión de la metodología utilizada para categorizar especies amenazadas de la herpetofauna Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26 (Supl. 1): 117–130.
- Goicoechea O, Garrido O, Jorquera B (1986) Evidence for a trophic paternal-larval relationship in the frog *Rhinoderma darwinii*. *Journal of Herpetology* 20: 168–178.
- IUCN SSC (2017) *Guidelines for Species Conservation Planning*. Versión 2.0. IUCN Species Survival Commission, Gland, Suiza.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group (2015) *Rhinoderma rufum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T19514A79809567. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T19514A79809567.en>. Descargado el 24 de Agosto de 2018.

## 8. Referencias

---

- IUCN SSC Amphibian Specialist Group (2018) *Rhinoderma darwinii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T19513A79809372. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T19513A79809372.en>. Descargado el 24 de Agosto de 2018.
- Jakob-Hoff R, Lees C M, McGilvray G, Ruming S, Chessman B, Gilchrist S, et al. (2017) Status Review, Disease Risk Analysis and Conservation Action Plan for the Bellinger River Snapping Turtle. IUCN SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, Minnesota, EUA.
- James TY, Toledo LF, Rödder D, Leiter DS, Belasen AM, Betancourt-Román CM, et al. (2015) Disentangling host, pathogen, and environmental determinants of a recently emerged wildlife disease: lessons from the first 15 years of amphibian chytridiomycosis. *Ecology and Evolution* 5: 4079-4097.
- Janson R (2009) Extinction risks from climate change: macroecological and historical insights. *F1000 Biology Reports* 1: 44.
- Jiménez de la Espada DM (1872) Sobre la reproducción de *Rhinoderma darwinii*. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* 1: 139-151.
- Jorquera B, Pugín E, Goicoechea O (1972) Tabla de desarrollo normal de *Rhinoderma darwinii*. *Archivos de Medicina Veterinaria* 4: 1-15.
- Jorquera B, Pugín E, Garrido O, Goicoechea O, Formas R (1981) Procedimiento de desarrollo en dos especies del género *Rhinoderma*. *Medio Ambiente* 5: 58-71.
- Jorquera B, Garrido O, Pugin E (1982) Comparative studies of the digestive tract development between *Rhinoderma darwinii* and *R. rufum*. *Journal of Herpetology* 16: 205-214.
- Keynes R (2000) Charles Darwin's Zoology Notes and Specimen Lists from H.M.S. Beagle. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Lara A, Little C, Urrutia R, McPhee J, Álvarez-Garretón C, Oyarzun C, et al. (2010) Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. *Forest Ecology and Management* 258: 415-424.
- Lavilla EO (1987) La Larva de *Rhinoderma darwinii* D. & B. (Anura: Rhinodermatidae). *Acta Zoologica Lilloana* 39: 81-88.
- Little C, Lara A, McPhee J, Urrutia R (2009) Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. *Journal of Hydrology* 374: 162-170.
- Longcore JE, Pessier AP, Nichols DK (1999) *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. *Mycologia* 91: 219-27.
- Medici EP, Desbiez ALJ, Gonçalves da Silva A, Jerusalinsky L, Chassot O, Montenegro OL, et al. (2007) Lowland Tapir Conservation Workshop: Final Report. IUCN SSC Tapir Specialist Group (TSG) & IUCN SSC Conservation Breeding Specialist Group, Brasil.
- Melbourne BA, Hastings A (2008) Extinction risk depends strongly on factors contributing to stochasticity. *Nature* 454: 100-103.
- Molina-Burgos BE, Valenzuela-Sánchez A, Alvarado-Rybak M, Klarian S, Soto-Azat C (2018) Trophic ecology of the Endangered Darwin's frog inferred by stable isotopes. *Endangered Species Research* 36: 269-278.

- Müller H, Liedtke HC, Menegon M, Beck J, Ballesteros-Mejia L, Nagel P, Loader SP, et al. (2013) Forests as promoters of terrestrial life-history strategies in East African amphibians. *Biology Letters* 9: 20121146.
- O'Hanlon S, Rieux A, Farrer RA, Rosa GM, Waldman B, Bataille A, et al. (2018) Recent Asian origin of chytrid fungi causing global amphibian declines. *Science* 360: 621-627.
- Ortiz JC (1988) Situación de la exportación de los vertebrados chilenos. *Comunicaciones del Museo Regional de Concepción (Chile)* 2: 37-41.
- Ortiz JC, Barrientos C, Bourke J (2012) Proyecto cría ex situ de la ranita de Darwin. En: Soto-azat C, Valenzuela-Sánchez A (eds.). *Conservación de anfibios de Chile*. Universidad Nacional Andrés Bello, Santiago, Chile. pp. 87-92.
- Packer J, Ballantyne R (2010) The role of zoos and aquariums in education for a sustainable future. *New Directions for Adult and Continuing Education* 127: 25-34.
- Penna M, Veloso A (1990) Vocal diversity in frogs of South American temperate forest. *Journal of Herpetology* 24: 23-33.
- Proyecto Emerge (2018) Spatial and temporal dynamics of an emerging multi-species host parasite system. ONG Ranita de Darwin. Disponible en: <https://www.ranitadedarwin.org/emerge>
- Pflaumer C (1935) Observaciones biológicas acerca de la *Rhinoderma darwinii* D. & B. *Revista Chilena de Historia Natural* 39: 28-30.
- Philippi RA (1902) Suplemento a los Batracios chilenos descritos en la Historia Física y Política de Chile de Don Claudio Gay. Imprenta de Enrique Blanchard Chessi, Santiago, Chile.
- Rageot R (1978) Observaciones biológicas sobre el *Rhinoderma darwini*. Reporte técnico, Corporación Nacional Forestal, Temuco, Chile.
- Reading CJ (2007) Linking global warming to amphibian declines through its effects on female body condition and survivorship. *Oecologia* 151: 125-131.
- Revilla E, Wiegand T (2008) Individual movement behavior, matrix heterogeneity, and the dynamics of spatially structured populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 105: 19120-19125.
- Ruiz-Aravena M, Gonzalez-Mendez A, Estay SA, Gaitán-Espitia JD, Barria-Oyarzo I, Bartheld JL, Bacigalupe LD (2014) Impact of global warming at the range margins: phenotypic plasticity and behavioral thermoregulation will buffer an endemic amphibian. *Ecology and Evolution* 4: 4467-4475.
- Santana FE, Swaisgoog RR, Lemm JM, Fisher RN, Clark RW (2015) Chilled frogs are hot: hibernation and reproduction of the Endangered mountain yellow-legged frog *Rana muscosa*. *Endangered Species Research* 27: 43-51.
- Sæther BE, Bakke Ø (2000) Avian life history variation and contribution of demographic traits to the population growth rate. *Ecology* 81: 642-653.
- Smith MA, Green DM (2005) Dispersal and the metapopulation paradigm in amphibian ecology and conservation: are all amphibian populations metapopulations? *Ecography* 28: 110-128.
- Smith-Ramírez C (2004) The Chilean coastal range: a vanishing center of biodiversity and endemism in

- South American temperate rainforests. *Biodiversity and Conservation* 13: 373–393.
- Soto-Azat C, Valenzuela-Sánchez A, Collen B, Rowcliffe JM, Veloso A, Cunningham AA (2013a). The population decline and extinction of Darwin's frogs. *PLoS ONE* 8: e66957.
- Soto-Azat C, Valenzuela-Sánchez A, Clarke BT, Busse K, Ortiz JC, Barrientos C, Cunningham AA (2013b) Is Chytridiomycosis Driving Darwin's Frogs to Extinction? *PLoS ONE* 8: e79862.
- Soto-Azat C, Valenzuela-Sánchez A, Ortiz JC, Díaz-Páez H, Castro C, Charrier A, et al. (2015) ASG Chile leads update of the extinction risk of Chilean amphibians for the IUCN red list of threatened species. *FrogLog* 23: 6–7.
- Soto-Azat C, Peñafiel-Ricaurte A, Price SJ, Sallaberry-Pincheira N, García MP, Alvarado-Rybak M, Cunningham AA (2016) *Xenopus laevis* and emerging amphibian pathogens in Chile. *Ecohealth* 13: 775.
- Úbeda CA, Pastore H (2015) Distribución de *Rhinoderma darwini* en Argentina (Anura, Rhinodermatidae), con comentarios sobre su estatus y conservación. Resúmenes 6to Congreso Chileno de Anfibios y Reptiles, Red Chilena de Herpetología, Valdivia, Chile. pp. 47.
- Urbina-Casanova R, Luebert F, Plissock P, Scherson RA (2016) Assessing floristic representativeness in the protected areas national system of Chile: are vegetation types a good surrogate for plant species? *Environmental Conservation* 43: 199–207.
- Uribe-Rivera DE, Soto-Azat C, Valenzuela-Sánchez A, Bizama G, Simonetti JA, Plissock P (2017) Dispersal and extrapolation on the accuracy of temporal predictions from distribution models for the Darwin's frog. *Ecological Applications* 27: 1633–1645.
- Vaira M, Akmentins MS, Attademo M, Baldo D, Barrasso D, Barrionuevo S, et al. (2012). Categorización del estado de conservación de los anfibios de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26: 131–159.
- Valenzuela-Sánchez A, Harding G, Cunningham AA, Chirgwin C, Soto-Azat C (2014a) Home range and social analyses in a mouth brooding frog: testing the coexistence of paternal care and male territoriality. *Journal of Zoology* 294: 215–223.
- Valenzuela-Sánchez A, Medina-Vogel G (2014b) Importancia de las enfermedades infecciosas para la conservación de la fauna silvestre amenazada de Chile. *Gayana* 78: 57–69.
- Valenzuela-Sánchez A, Cunningham AA, Soto-Azat C (2015) Geographic body size variation in ectotherms: effects of seasonality on an anuran from the southern temperate forest. *Frontiers in Zoology* 12: 37.
- Valenzuela-Sánchez A (2017) Is Chytridiomycosis a threat to the endangered mouth-brooding frog (*Rhinoderma darwini*)? A multi-approach disease risk assessment. Tesis Doctoral, Facultad de Ecología y Recursos Naturales, Universidad Andrés Bello, Chile.
- Valenzuela-Sánchez A, Schmidt BR, Uribe-Rivera DE, Costas F, Cunningham AA, Soto-Azat C (2017) Cryptic disease-induced mortality may cause host extinction in an apparently-stable host-parasite system. *Proceedings of the Royal Society B* 284: 20171176.
- Valenzuela-Sánchez A, O'Hanlon SJ, Alvarado-Rybak M, Uribe-Rivera DE, Cunningham AA, Fisher MC, Soto-Azat C (2018) Genomic epidemiology of the emerging pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* from native and invasive amphibian species in Chile. *Transboundary and Emerging Infectious Diseases* 65: 309–314.

- van Vuuren DP, Edmonds J, Kainuma M, Riahi K, Thomson A, Hibbard K, et al. (2011) The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109: 5-31.
- Voyles J, Young S, Berger L, Campbell C, Voyles WF, Dinudom A, et al. (2009) Pathogenesis of chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian declines. *Science* 326: 582-585.
- Werning H (2009) From Darwin's treasure chest: *Rhinoderma*. *IRCF Reptiles and Amphibians* 16: 247-255.
- Wilhelm O (1927) La *Rhinoderma darwinii* D. & B. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 1: 11-39.
- Wren S, Angulo A, Meredith H, Kielgast J, Dos Santos M, Bishop P (eds) (2015) Amphibian Conservation Action Plan. April 2015. IUCN SSC Amphibian Specialist Group. <http://www.amphibians.org/acap/> Revisado el 11 de Septiembre de 2018.
- Zippel K, Buley K, Gibson R, Gillespie GR, Jhonson R, Lacy RC, et al. (2008) On the role of *ex situ* management in the conservation of amphibians. En: Stuart SN, Hoffman M, Chanson JD, Cox NA, Berridge RJ, Ramani P, Young BE (eds) *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Edicions, Barcelona, España; IUCN, Gland, Suiza; and Conservation International, Arlington, Virginia, EUA. pp. 128-129.

