



Ministerio del  
Medio  
Ambiente

Gobierno de Chile



# Monitoreo y Conservación de Anfibios Alto Andinos de la Región Metropolitana

Andrés Charrier, Marta Mora, Claudio Correa & Eduardo Palma



“Esta es una publicación financiada por el Fondo de Protección Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente”

Nombre proyecto: NAC-I-058-2014 Monitoreo y Conservación de anfibios altoandinos de la Región Metropolitana.

Año: 2014 - 2015

## **Monitoreo y Conservación de Anfibios Alto Andinos de la Región Metropolitana**

### **Autores**

Andrés Charrier, Marta Mora, Claudio Correa & Eduardo Palma.

### **Fotografías**

Andrés Charrier, Juan Carlos Arenas, Romina Triviño, Diego Reyes, Natalie Pozo, Claudio Correa, Marta Mora, Guillermo Arenas, Tania Hornauer, Marcos Baumann, Fernando López.

### **Fotografías portada**

Por Andrés Charrier

Sapo de pecho espinoso de monte *Alsodes montanus* (arriba),

Sapo de pecho espinoso de La Parva *Alsodes tumultuosus* (abajo),

Paisaje alto andino (contraportada).

### **Diseño y diagramación**

Fernando López [www.mibosque.cl](http://www.mibosque.cl)

### **Impresión**

Se imprimieron 300 ejemplares en marzo de 2017

en los talleres de Imprenta América Ltda. Valdivia - Chile.



# Monitoreo y Conservación de Anfibios Alto Andinos de la Región Metropolitana

Andrés Charrier, Marta Mora, Claudio Correa & Eduardo Palma

Financia:



Organismo Ejecutor:



Organismos Asociados:



INSTITUTO DE  
ECOLOGÍA Y  
BIODIVERSIDAD



Colaboran:



VIDA NATIVA  
Investigación y Conservación  
de Vida Silvestre

Dedicado al Profesor Emérito Dr. Alberto Veloso, destacado herpetólogo de la Universidad de Chile, quien realizó importantes aportes a la herpetología nacional, incluyendo la descripción de *Alsodes tumultuosus* en 1979.

### Según Borges

Existe cierta Enciclopedia China donde los animales se clasifican en (a) pertenecientes al emperador, (b) embalsamados, (c) amaestrados, (d) lechones, (e) sirenas, (f) fabulosos, (g) perros sueltos, (h) incluidos en esta clasificación, (i) que tiemblan como enojados, (j) innumerables (k) dibujados con un pincel finísimo de pelo de camello, (l) etcétera, (m) que acaban de romper un jarrón, (n) que de lejos parecen moscas.

Dice Borges en dicho relato: “(...) notoriamente no hay clasificación del universo que no sea arbitraria y conjetural. La razón es muy simple: no sabemos qué cosa es el universo”.

“Conocemos el precio de todo  
pero el valor de nada”

Oscar Wilde



## Nuestros más sinceros agradecimientos a:

Thomas Grob gerente general de La Parva, por su disposición a la conservación de los anfibios de la Parva. A Carmen Ubeda herpetologa Argentina experta en *Alsodes*. A Pablo Moreno Orb, José Luis Reyes y Gabriel Barra del Departamento de Fondo de Protección Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, por su buena disposición para desarrollar este proyecto a lo largo de los años; a Ismael Horta, Fernanda Soffia, Felipe Rabanal, Dayana Vásquez, Javiera Constanzo, Sergio Araya, Carolina Gallardo, Marcelo Correa, Patricio Abarca, Margarita Ruiz de Gamboa y Darío de la Fuente, por su importante apoyo en el trabajo de campo en La Parva y a lo largo de la cordillera de los Andes; a los herpetólogos Gabriel Lobos y Carlos Garín por el incesante trabajo con los herpetozoos de Chile; a Natalie Pozo por los *Alsodes* alto andinos de Lircay y los sitios de estudio a largo plazo que faltan en el país; a Edgardo Flores por los *Telmatobufo bullocki* del río Butamalal y por la conservación de los anfibios de la cordillera de Nahuelbuta; a Hugo Salinas por las interminables conversaciones sobre la identidad de los *Telmatobius* del altiplano mientras buscamos *Alsodes* en La Parva; a Bernardo Segura por los *Alsodes* de Cantillana y toda la historia natural que falta por escribir; a Virginia Moreno por los incontables terrenos en la cordillera de Nahuelbuta y las conversaciones sobre los nuevos desafíos de la herpetología y la conservación de anfibios; a la ONG Vida Nativa, ONG Nahuelbuta Natural, ACOVISI y Asociación Red Chilena de Herpetologia (RECH). A Mariel Caamaño y Soledad Peña y Lillo de la Municipalidad de Lo Barnechea por su colaboración en diversas gestiones; A Charif Tala, Sandra Díaz y Reinaldo Avilés del Departamento de Conservación de Especies del Ministerio de Medio Ambiente por su permanente apoyo en los proyectos de conservación de Anfibios de Chile. A Diego Demangel porque su libro Reptiles en Chile inspiró la creación de este. Andrés Charrier quiere agradecer especialmente a los ecólogos de la P. Universidad Católica de Chile, Juan Armesto y Fabián Jaksic, por el apoyo recibido estos años, a Fernando López, diseñador, por toda su paciencia en el desarrollo de este libro. A mi gran amigo Diego Reyes por los viajes a los extremos del país buscando la historia natural. A JJ Saez, John Flynn, Camila Bravo, Fernando Medrano por su colaboración en el trabajo de campo. Nuestros agradecimientos al Center of Applied Ecology & Sustainability CAPES y al Instituto de Ecología y Biodiversidad IEB por financiar la continuidad del estudio a largo plazo en la Parva. Finalmente a María Antonieta Labra por sus agudas observaciones y correcciones al manuscrito de este libro.

Todos ellos han aportado para sacar a los anfibios de Chile de la oscuridad y el desconocimiento; sin ellos este libro nunca se hubiera escrito.

# Índice

6

Prólogo

9

La evolución geológica de la región andina

22

Diversidad y evolución de los anfibios

25

Distribución geográfica y hábitats de los anfibios

29

Ecología y comportamiento de los anfibios

33

El género *Alsodes*

36

Los *Alsodes* alto andinos

43

Antecedentes de la declinación global de anfibios

46

Proyecto Fondo de Protección ambiental: “Monitoreo y conservación de anfibios alto andinos de la Región Metropolitana”

55

Importancia de los monitoreos a largo plazo

58

Difusión del proyecto

61

Estación biológica, estación de monitoreo y centro de educación ambiental

**62**

Conclusiones

**70**

Referencias  
bibliográficas

**79**

Instituciones  
asociadas y su  
importancia en  
el marco del  
proyecto



# Prólogo

Los últimos 27 años han marcado un paradigma para los anfibios, tanto a nivel global como nacional. A nivel científico, las disciplinas con injerencia en temas de conservación, han puesto atención en el delicado estado de las poblaciones de anfibios, intentando escudriñar en las causas de la declinación global. Por otro lado, desde una perspectiva social, la nueva cosmovisión de la sociedad (en realidad de una parte de ella) apunta a la valoración y empoderamiento de los anfibios como especies emblemáticas de los ecosistemas y de nuestra propia existencia.

Pero este nuevo escenario ha sido fruto del trabajo de numerosas personas anónimas, quienes han logrado cambiar las políticas públicas en la protección de especies y porque no decirlo, incluso han cambiado la forma en que la ciencia se aproxima al estudio de los anfibios. Personas tan crípticas como los anfibios, pero tan necesarias como ellos.

Hace ya unos años, me preguntaba cómo se podría hacer investigación en conservación. Cómo ganar fondos, qué hipótesis plantear y testear, qué técnicas estadísticas ocupar, qué modelos de muestreo aplicar. Entre tanto desvarío, también me di cuenta que la conservación requería de acciones inmediatas, incluso de algunas que debieron hacerse al menos hace un siglo atrás. Sin duda, esto plantea a mi parecer, una compleja encrucijada, por dónde empezar, sobre todo ante la siempre lamentable y excusable falta de recursos económicos.

Por ello en el campo del “hacer” el esfuerzo desplegado tras la iniciativa de este proyecto, que en parte queda reflejada en este libro, me parece francamente respetable y admirable.

*Poner la ciencia en lengua diaria; he ahí un gran bien que pocos hacen. (José Martí).*

Que en los colegios los niños hablen de ranas y sapos, que gente anónima sacrificara un día de descanso para recoger la basura que “otros” depositan en sitios altamente relevantes para los anfibios, que surjan dípticos y este libro, que las autoridades medioambientales se involucraran en acciones por los anfibios alto andinos; son las huellas fundamentales que deja este proyecto.





Finalmente solo queda agradecer a los autores de este libro, por todo el esfuerzo desplegado, por todas aquellas sensaciones que los lectores no encontrarán en esta obra, como el frío del terreno, las gélidas aguas nocturnas, el traspase de los investigadores tras los señores nocturnos, la desazón de los meses en que los señores de las aguas desaparecen de la superficie terrenal, las batallas perdidas y las muchas horas invertidas en organizar salidas, talleres y reuniones. Pero, sin duda, todo al final vale la pena; hoy es un gran día para los anfibios de los altos Andes.

**Gabriel A. Lobos V.**

Presidente Asociación Red Chilena de Herpetología





# Evolución geológica de la región andina

**Reynaldo Charrier<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Andrés Bello, Campus República, Santiago.

<sup>2</sup> Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.


La Geología es una ciencia que aborda los aspectos físicos, químicos y biológicos del pasado y presente de la Tierra y los integra construyendo su historia, es decir, organizándolos para comprender su evolución. Esta dimensión histórica de la Geología implica el análisis de los variados y complejos procesos que intervinieron a lo largo de miles de millones de años en la formación del planeta, tal como lo conocemos hoy. Este conocimiento es utilizado por los Geólogos en la búsqueda de recursos naturales, construcción de obras de ingeniería, mitigación de los peligros geológicos (volcanismo, sismicidad, aluviones, deslizamientos de tierra, etc.), planificación territorial, protección del ambiente, definición de políticas de desarrollo sustentable, etc.

La historia geológica de Chile es relativamente corta en relación con la historia de la Tierra, la que comenzó a formarse junto con el Sistema Solar hace unos 4,5 mil millones de años. A pesar de esta brevedad, la evolución geológica de Chile se caracteriza por una historia muy variada y dinámica. Esto, debido al contexto geológico en el que se encontró esta región del continente sudamericano durante casi toda su historia, es decir, a lo largo de un margen continental activo por subducción.

En la larga evolución de la Tierra hubo un momento en que ésta ya se había enfriado suficientemente como para permitir la formación de una costra externa. Esta costra se fue incrementando

y transformando gradualmente hasta formar la corteza terrestre, es decir, lo que compone los actuales continentes y fondos oceánicos. El interior de la Tierra, sin embargo, guarda una gran cantidad de calor, la que es liberada mediante el ascenso de material caliente dentro del manto, que es la capa que se encuentra inmediatamente bajo la corteza. Estas corrientes ascendentes de material caliente en el manto o corrientes de convección son la causa de gran parte de los procesos geológicos que conocemos en la superficie de la Tierra. Son ellas las que determinan que placas rígidas de litósfera, es decir, de corteza y manto superior, se puedan desplazar sobre niveles más profundos del manto, que son más dúctiles. La corteza en estas placas litosféricas puede corresponder, tanto a corteza continental como oceánica, es decir, la corteza que se encuentra bajo los fondos oceánicos.

En última instancia, son esas corrientes las que determinan que en las regiones donde convergen dos placas, como ocurre en el margen pacífico de América del Sur, se produzcan terremotos, volcanismo y se forme la imponente Cordillera de los Andes. En estas regiones, la placa oceánica, que es más densa, al enfrentarse a la placa continental se introduce bajo ella, formando lo que se denomina una zona de subducción. Este contacto intenso entre las dos placas, una moviéndose por debajo de la otra, es lo que determina la formación de la cordillera, la existencia de los terremotos y la característica presencia de

A green lizard is perched on a dark, jagged volcanic rock. In the background, a large, snow-capped mountain rises against a clear blue sky. The scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

los volcanes. Estos son los rasgos más evidentes de esta actividad para los habitantes de esta región, sin embargo, existen muchos otros procesos geológicos que están asociados a esta situación. A lo largo de la zona de contacto entre las dos placas, es decir, a lo largo de la zona de subducción, que forma un plano inclinado bajo el continente, las rocas sufren una intensa transformación o metamorfismo. Así mismo, a cierta profundidad a lo largo de esta zona, se produce la fusión del manto que se encuentra bajo el continente y con ello se generan los magmas. Estos, al ascender hacia la superficie, dan origen a lo que se denomina la actividad ígnea o magmática. Esta no sólo produce el volcanismo, que es su manifestación superficial, sino que también permite la generación, por una parte, de grandes cuerpos de magma que se emplazan y enfrían en profundidad bajo los volcanes a lo largo de la cordillera (cuerpos plutónicos), y, por otra, a diversos tipos de yacimientos metálicos.

El alzamiento de un relieve como la Cordillera de los Andes, coronada por una larga sucesión de volcanes, implica que las rocas elevadas y expuestas en superficie quedan sometidas a procesos de meteorización o intemperización provocados por agentes atmosféricos y biológicos. Estos procesos afectan a las rocas, tanto física como químicamente, y van descomponiéndolas gradualmente hasta terminar por destruirlas. El resultado de esta descomposición es un agregado de fragmentos y partículas sueltas, que

se denomina regolito, y material disuelto. Todo ello es gradualmente transportado por distintos agentes, principalmente los ríos, hacia los océanos. El depósito de este material formado por partículas de roca y la precipitación del material disuelto constituyen el sedimento, que puede acumularse en distintos ambientes, tanto en los continentes como en los océanos. En la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes estos materiales son transportados rápidamente hacia el mar, donde, a su vez, son transportados por las corrientes marinas hacia la región más profunda del océano en esta región, que corresponde a la fosa de Chile o Perú-Chile, ubicada justo en el contacto entre la placa oceánica de Nazca y la placa Sudamericana. El desplazamiento de la placa oceánica bajo el continente puede arrastrar estos sedimentos a lo largo de la zona de subducción donde sufrirán metamorfismo y aportarán su contenido en agua al manto, lo que facilitará la fusión de éste para formar nuevos magmas, cerrando de esta manera un largo y complejo ciclo.

El desplazamiento de continentes en la superficie de la Tierra tiene limitaciones; por una parte, la superficie terrestre no es infinita y, por otra, existen otros bloques continentales que reducen el espacio por donde estos se pueden desplazar. Esto ha dado por resultado que, en algunos periodos de la historia de la Tierra, la gran mayoría de los continentes se hayan acercado entre sí y formando un solo gran

continente o megacontinente. La incesante liberación de calor interno de la Tierra mediante las corrientes de convección bajo esos grandes continentes termina por desmembrarlos y dispersarlos nuevamente, con lo cual se inicia una nueva fase de deriva de placas litosféricas. Esto permite reconocer ciclos de formación o amalgamación de megacontinentes y ciclos de destrucción o desmembramiento de estos.

### Los precursores

Los primeros rudimentos de la geología de Chile fueron presentados por el abate jesuita Juan Ignacio Molina (1740-1829) en su compendio sobre la historia geográfica y natural del Reyno de Chile, publicado en italiano en 1776 y sucesivamente ampliado hasta 1810. En él, abordó aspectos climáticos, botánicos, geológicos, zoológicos, mineralógicos y geográficos del territorio chileno, el que incluía a la provincia de Cuyo, allende la cordillera, pero no incluía las regiones de Tarapacá y Antofagasta. A pesar de su nula formación geológica, Molina logró concebir un correcto esbozo de la constitución geológica de Chile central. Sus escritos representaron un valioso aporte al conocimiento del país. Darwin, con su formación de geólogo, sería quien en 1846 produciría el próximo gran aporte al conocimiento de la configuración y evolución geológica de nuestro territorio y de la cordillera de los Andes en la región central de Chile y Argentina.

En la segunda parte de su ensayo, el abate

describe detalladamente los productos minerales “más conocidos y apreciados en el país”. En relación con los ingentes recursos que, según señala, existen en Chile, expresa frecuentemente un optimismo premonitorio de que tal o cual de ellos sea utilizado en el futuro, cuando esta región adquiriera mayor desarrollo, para mejorar construcciones, elaborar productos de calidad o desarrollar el arte y la cultura.

Correspondería a otro Ignacio, Ignacio Domeyko (1802-1889), que vendría a Chile desde la Europa donde había vivido Molina, continuar esta primera gran introducción en el tema; tal vez, atraído por las detalladas descripciones del abate.

Posteriormente, el británico Charles Robert Darwin (1809-1882) realizó importantes observaciones y acertadas interpretaciones sobre la Cordillera de los Andes. Su aporte al conocimiento geológico de Chile y de América del Sur, y a la ciencia geológica es tan contundente, que se puede señalar que su libro sobre la Geología de América de Sur (1846) contiene una primera síntesis de la geología de Chile. Si se toman en cuenta, además, las observaciones que realizó a lo largo de la costa oriental del continente y durante los cruces de la cordillera de los Andes, efectuados en una expedición de ida y vuelta por diferentes pasos cordilleranos desde la costa pacífica, se puede señalar que el libro representa el primer intento de integración geológica de ambas vertientes de la cordillera. La principal contribución de Darwin

a la humanidad, la teoría del origen de las especies, es, sin duda, el resultado de su visión integral de la naturaleza, adquirida durante su largo viaje alrededor del mundo. En esa visión, la geología y en particular su experiencia sudamericana, jugaron un papel relevante en la comprensión de cómo se desarrollan los procesos geológicos a lo largo de la historia de la Tierra y de la magnitud del tiempo involucrado en ellos. Esto fue un elemento esencial en la concepción de su teoría y es importante subrayar que Darwin, muy consciente de esto, dedicó a esta noción una parte del noveno capítulo de su libro sobre la evolución de las especies, publicado en 1859. Para un geólogo dedicado a entender la evolución de la cordillera de los Andes, el capítulo titulado “Estructura de la cordillera” es simplemente grandioso. En carta a su hermana Susan (Valparaíso, 25 de abril de 1835) expresó impresionado: “Desde que dejé Inglaterra no he hecho hasta ahora un viaje más exitoso [...] No puedo expresar el regocijo que sentí con tan magnífica conclusión de toda mi experiencia geológica en Sudamérica. Literalmente apenas podía dormir por las noches pensando en mi trabajo. El escenario era tan inesperado y tan majestuoso; todo a una altura de 12.000 pies presenta un aspecto tan diferente al de un territorio menos elevado. He observado muchas vistas más hermosas, pero ninguna con un carácter tan marcado. Para un geólogo, ofrece, además, tan manifiestas evidencias de una violencia excesiva; los estratos de las cimas más altas están

alzados como la costra resquebrajada de un pastel”. ¡Que analogía más acertada!

Entre 1848 y 1868, Pedro José Amadeo Pissis Marín (1812-1889), geólogo y geógrafo francés contratado por el gobierno para realizar un estudio geológico, topográfico y mineralógico de Chile, recorrió el país destacándose por su reconocimiento del desierto de Atacama. En 1876, publicó Geografía Física de la República de Chile, en la que comparó la orografía chilena con la de otros países sudamericanos y describió detalladamente las formaciones geológicas y la meteorología de esa región. En esa misma época, el geólogo y gran mineralogo polaco Ignacio Domeyko (1802-1889), llegado a Chile en 1837, complementó con su extensa y detallada obra los aportes de Molina y los geólogos que le precedieron, dejando una sólida base geológica y mineralógica para el desarrollo minero del país. Entre 1867 y 1883, Domeyko fue rector de la Universidad de Chile. A estas visiones sintéticas sobre la geología del país sucedieron, ya en el siglo XX, importantes estudios geológicos, pero de mayor detalle, principalmente orientados a la evaluación y explotación de recursos mineros y energéticos, como carbón, arenas impregnadas de bitumen y petróleo, realizados por ingenieros de minas con un sólido conocimiento de geología. Estos aportes marcaron una época importante en la geología nacional y fueron los que sustentaron la explotación de numerosas minas, de los primeros grandes yacimientos minerales, y de

los extensos mantos de carbón en la región de Arauco. Estos estudios permitieron, además, el descubrimiento de petróleo en la región de Magallanes. Es de justicia mencionar que estas investigaciones contaron con la colaboración de excelentes paleontólogos, que permitieron precisar las edades de los estratos estudiados y establecer los ambientes en que éstos se habían depositado. Los paleontólogos, tal como lo hacen los zoólogos con las especies vivientes, están preparados para determinar el tipo de organismo al cual el resto fósil perteneció, e incluso, cuando la conservación del resto fósil lo permite, pueden llegar a determinar su género y especie (clasificación taxonómica). A partir de ello, se puede indicar la edad geológica de cuándo vivieron y el ambiente en el que vivieron, por ejemplo, si son fósiles marinos, si se trataba de especies nadadoras o adheridas al fondo marino y, en este último caso, si vivieron en ambientes pelágicos o abisales. Esto permite una reconstrucción de la historia geológica y de los ambientes del pasado, o sea, la geografía existente en la época en que estos organismos estuvieron vivos y compararla con las de otras regiones.

#### La evolución geológica de la región andina

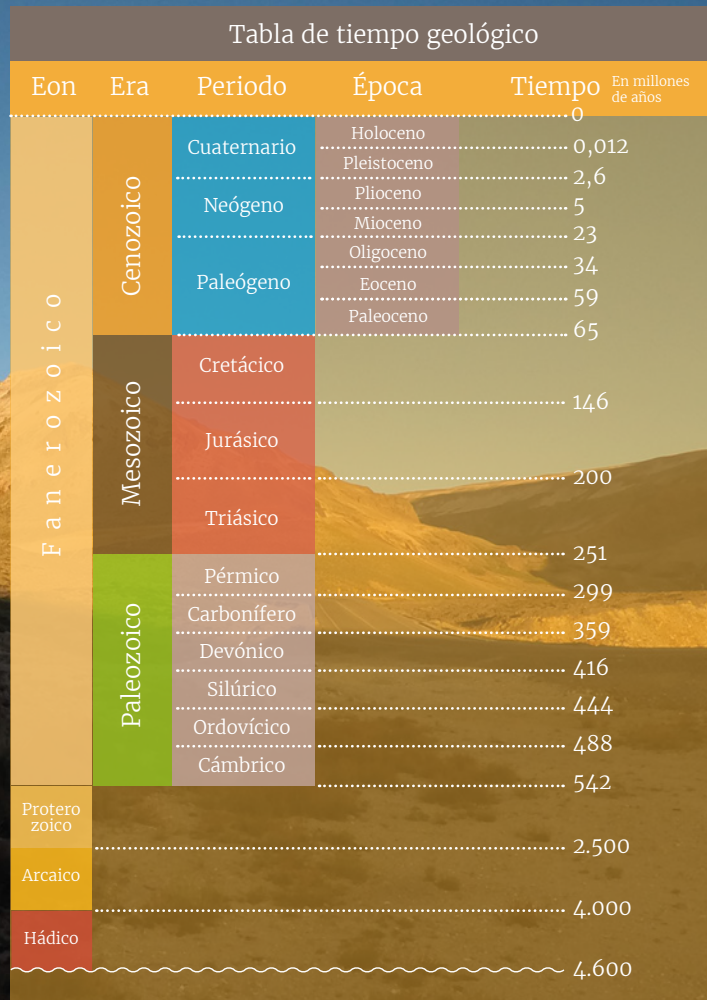
En la evolución geológica de Chile podemos reconocer tres grandes etapas que coinciden con tres etapas asociadas a la evolución del último megacontinente formado en la Tierra, denominado Pangea, que estuvo

constituido por dos grandes masas continentales, Eurasia, al norte, y Gondwana, al sur. Estas etapas son: 1. Formación o amalgamación, 2. Consolidación, y 3. Desmembramiento. En la última etapa, o sea, la etapa en que nos encontramos actualmente, se separaron de Pangea los continentes que hoy conocemos. Algunos de ellos se encuentran derivando y separándose, mientras que otros se están acercando. El ejemplo paradigmático de este proceso es la separación y el alejamiento de América de África. Cabe señalar que en este mismo contexto se están separando también Arabia de África y que la parte oriental de África se estaría comenzando a separar del resto del continente a lo largo del Gran Valle del Rift. Por otra parte, la placa Australiana se está alejando de la Antártica, pero acercando a Asia suroriental, y la India, por su parte, al desplazarse hacia el norte, alejándose de Gondwana, colisionó contra Asia hace unos 35 millones de años.

○ Vizcacha montanera, *Lagidium viscacia*, sector La Parva.  
Fotografía: Andrés Charrier.



**Fig. 1.** Escala simplificada del tiempo geológico. Las rocas más antiguas conocidas en Chile tienen posiblemente edades del Proterozoico Superior y corresponden a rocas metamórficas que han sido interpretadas por algunos autores como pertenecientes a fragmentos de antiguos continentes o terrenos alóctonos, yuxtapuestos al continente Sudamericano. Las rocas estratificadas más antiguas conocidas en Chile tienen edades del Ordovícico.





**Primera etapa.** En la etapa de amalgamación se reconoce la repetida acreción al margen suroccidental de Gondwana de bloques de litósfera continental, denominados terrenos. Con acreciones de este tipo, Gondwana venía incrementando su tamaño desde el Proterozoico (Fig. 1), pero fue recién en el Ordovícico (ver Fig. 1), que un terreno denominado Arequipa-Antofalla se agregó a los otros terrenos que ya habían colisionado contra Gondwana y formó parte de lo que hoy es la región norte de Chile. La región central se habría constituido con la acreción de otros dos terrenos, uno en el Devónico Superior, denominado Chilenia, y otro en el Pérmico Inferior, denominado Terreno X. Estos terrenos, que constituyen gran parte del basamento del territorio chileno y de la parte occidental de Argentina, corresponden fragmentos desprendidos de la parte oriental de Norteamérica. El resto del continente, al sur de estos terrenos, se habría constituido con la colisión de otro terreno, denominado Patagonia, que podría corresponder a un fragmento desprendido de una gran masa continental que hoy es el continente antártico. De esta manera, todos los eventos posteriores de la evolución geológica de Chile y de la parte oriental de Argentina, en las regiones donde se formó la cadena andina, se desarrollaron en esos tres terrenos.

**Segunda etapa.** Una vez consolidado completamente Gondwana, las condiciones geológicas fueron muy

diferentes y esto marca el inicio de un nuevo ciclo en la evolución de la Tierra y de esta región de América del Sur. La duración de este ciclo fue de unos 65 millones de años, entre el Pérmico Superior y el Jurásico Inferior (Fig. 1). Las condiciones que se establecieron en el momento inicial de esta etapa fueron gradualmente modificadas por la dinámica del Manto y, debido a la gran acumulación de calor bajo el continente, se formaron intumescencias que estiraron y terminaron partiendo la corteza, preludivando el proceso de desmembramiento que vendría a continuación. En la parte occidental del continente se formaron grandes depresiones o cuencas alargadas, que estuvieron limitadas por extensas fracturas o fallas con una orientación predominantemente oblicua al actual borde costero. Algunas de estas fallas llegaron a ser muy profundas y favorecieron el ascenso de enormes cantidades de magma acumulado bajo la corteza por el enorme calor allí concentrado. Esto provocó una intensa actividad volcánica explosiva, que cubrió grandes extensiones de Gondwana occidental con lavas y cenizas volcánicas. En otras regiones de la Tierra, cuencas como estas se abrieron tanto que, finalmente, la corteza se terminó por partir, dando origen a los futuros bloques continentales en que los se desmembró Gondwana y, a medida que la separación fue en aumento, a nuevos océanos, como el Atlántico.

Las cuencas que se formaron en Argentina y Chile no se abrieron tanto como para permitir el total

rompimiento de la corteza, pero fueron suficientemente profundas como para que se acumularan en ellas cientos de metros y, en algunos casos, hasta mil metros de espesor de depósitos sedimentarios y volcánicos. En el lado argentino de la cordillera, estos depósitos, extensamente expuestos, contienen petróleo y son portadores de una rica flora y fauna fósil, en particular de reptiles primitivos, los tetrápodos, precursores de los dinosaurios y los mamíferos. En el lado chileno, los depósitos tienen exposiciones más reducidas, y, probablemente debido a la historia posterior de esta región, caracterizada por una intensa actividad magmática, no presentan manifestaciones de petróleo. En ellos se ha colectado también abundante flora fósil y existen algunos niveles de carbón.

**Tercera etapa.** Al final de la segunda etapa, la separación de lo que hoy conocemos como América del Sur, o sea, la placa Sudamericana, del resto de Gondwana provocó que ésta comenzara a cabalgar la corteza oceánica adyacente. De este modo se reinició el proceso de subducción y, consiguientemente, de la actividad magmática en el margen occidental de América del Sur. Esta será una actividad prácticamente permanente durante toda esta tercera etapa y es ella la que dio, en épocas posteriores, origen a los yacimientos metálicos del país.

Esta etapa, que los geólogos extienden hasta el presente, se inició a comienzos del Jurásico, y se la

incluye en lo que se ha denominado el ciclo andino. A su inicio se estableció de manera definitiva en este borde de América del Sur la condición de margen activo por subducción, que conducirá, a lo largo de casi 200 millones de años, a la formación de la Cordillera de los Andes.

En esta etapa se pueden diferenciar tres sub-etapas; las dos últimas muy similares entre sí. La primera de ellas, que se extendió entre comienzos del Jurásico y mediados del Cretácico (Fig. 1), duró unos 90 millones de años. En Chile y a lo largo de casi toda América del Sur, esta primera sub-etapa se caracterizó por la existencia de una abundante actividad volcánica alineada a lo largo de lo que hoy es la región costera, que constituyó el cordón o arco volcánico, y una extensa cuenca alargada, con una orientación esencialmente norte-sur, al lado oriental del arco, la que, por ese motivo, se denomina cuenca de trasarco. El arco y esta cuenca son el rasgo geográfico dominante de esta primera subetapa, es decir, que caracterizan la geografía en ese momento, o sea, lo que se denomina su paleogeografía. Esta cuenca estuvo cubierta por un mar interior, que localmente alcanzó regiones muy alejadas del actual borde del continente, como ocurrió en la región central de Chile y Argentina, donde este mar cubrió regiones comprendidas entre la Cordillera de la Costa y la región occidental de las provincias de Mendoza y Neuquén. Eso explica la existencia en la alta cordillera de rocas sedimentarias depositadas

en ambientes marinos y portadoras de abundante fauna fósil (amonites, bivalvos, corales, etc.), como, por ejemplo, en la localidad de Lo Valdés, al este de Santiago.

En la Patagonia, en asociación con la formación del océano Atlántico y la consecuente separación de África y América, la extensión fue tan grande que, en la cuenca que se formó, la corteza continental alcanzó a partirse permitiendo la aparición de material del manto terrestre en su parte más profunda, es decir, a lo largo de la actual Cordillera Patagónica. Debido a color verdoso de estas rocas se la conoce como la “cuenca de rocas verdes”.


A fines de la primera sub-etapa en el Cretácico Inferior tardío, la situación en el margen occidental de América del Sur se modificó considerablemente. Un fuerte incremento en la velocidad de acercamiento de las placas y probablemente una disminución del ángulo en que la placa oceánica penetraba bajo la placa continental, habría causado una mayor compresión contra el continente. El borde continental se alzó y deformó intensamente. Con esto, la cuenca marina de la sub-etapa anterior, ubicada al este del arco magmático, emergió, los depósitos acumulados en ella se deformaron y se generó un importante relieve montañoso. La deformación dio origen a pliegues y a fallas, pero en este caso a fallas producidas por compresión, o sea, fallas inversas, que producen un acortamiento de la corteza y no una extensión como

ocurrió en la segunda etapa. A los episodios de esta naturaleza se los denomina fase orogénica, o sea, episodio de formación de cadenas de montañas, y a éste en particular se lo denomina, fase Peruana, por haber sido descrito por primera vez en ese país a comienzos del siglo pasado. Esta fase orogénica marca la formación de una importante cadena de montañas con su arco magmático asociado, que se ubicó al este del arco anterior, y el inicio de la segunda sub-etapa en la evolución geológica de esta región.

En la región de Aysén y Magallanes, el evento compresivo Peruano cerró la “cuenca de rocas verdes”, deformó intensamente a los depósitos contenidos en ella y generó un importante relieve, que provocó el desplazamiento de la cuenca hacia el Este. Los sedimentos que se acumularon en ella en este momento indican la mantención de las condiciones subacuáticas y un intenso aporte de sedimentos desde el oeste que atestiguan la existencia de este evento orogénico.

El periodo cubierto por las dos últimas sub-etapas es considerablemente largo; casi 100 millones de años, entre el Cretácico Superior temprano y el presente. Estas sub-etapas están separadas entre sí por un segundo gran evento compresivo que volvió a producir un fuerte alzamiento de los cordones montañosos, que originó la Cordillera Incaica y el desarrollo de un arco magmático asociado.

La Cordillera Incaica se extendió desde el sur de Perú hasta, por lo menos, la región de Lonquimay, y de



hallí probablemente más al sur por territorio argentino y se ubicó ligeramente más al este que la anterior. Este relieve separó, tal como lo había hecho anteriormente la Cordillera Peruana y lo hace en la actualidad la Cordillera de los Andes, dos vertientes: una occidental que llegaba hasta el océano, y otra, a su lado oriental, que se conectaba con las llanuras de la región oriental, más estable, del continente. Durante este periodo la condición de margen activo por subducción no se modificó. Un poco más tarde y con un nuevo régimen compresivo, se fue alzando el cordón montañoso y se fue engrosando la corteza terrestre. De esta manera se fueron estableciendo condiciones favorables para el ascenso de soluciones mineralizadoras hacia niveles menos profundos donde dieron origen, entre Paleoceno superior y el Oligoceno inferior, a los yacimientos gigantes de Cu-Mo conocidos en el norte de Chile y en el sur de Perú. Algunos de estos yacimientos se cuentan entre los más grandes conocidos. En la región central de Chile, la mineralización de Cu-Mo, tardía respecto de más al norte (Mioceno superior al Plioceno inferior), dio origen a los yacimientos de Pelambres, Río Blanco – Los Bronces y El Teniente. Esta mineralización, si bien tardía, no fue menos eficiente, si consideramos que evaluaciones recientes indican que el yacimiento de Río Blanco – Los Bronces podría ser el yacimiento de este tipo más grande conocido en la Tierra.


El empuje compresivo hacia el este hizo que la deformación progresara gradualmente en esa dirección

comprometiendo regiones que anteriormente estaban al oriente de la cordillera. Esta situación, que se mantiene en la actualidad, explica la sismicidad existente en la región occidental de Argentina, a lo largo del borde oriental de la Cordillera de los Andes.

En Aysén y Magallanes, a pesar del régimen compresivo siguió existiendo una cuenca marina que se mantuvo al lado oriental del arco. En esta región la deformación de los depósitos acumulados en la cuenca progresó gradualmente hacia el este debido al efecto de la compresión desde la placa oceánica contra el continente. Así mismo, los ambientes marinos se fueron desplazando gradualmente hacia el este y el sur. La existencia de esta cuenca es lo que explica la presencia de yacimientos de petróleo en la parte austral del territorio chileno y argentino. Pese a las diferencias mencionadas entre las distintas regiones de la cordillera, se puede señalar, que las condiciones geodinámicas generales fueron similares a lo largo de todo el margen continental.

### La Cordillera de Los Andes

La larga cadena de montañas que se conoce como Cordillera de los Andes es el ejemplo clásico de cadenas de montañas formadas por la subducción de una placa oceánica bajo una placa continental. Esta cordillera se extiende a lo largo del margen occidental de América del Sur por unos 8.000 kilómetros, desde Venezuela hasta Tierra del Fuego. Su actual dimensión y altura se



habría alcanzado en las últimas etapas de la evolución geológica de esta región.

A lo largo de esta cadena se observan marcadas variaciones en su fisiografía. En las regiones ubicadas más al norte y más al sur, la cordillera es más angosta y de menor altura que en su región central. Recorriendo la cadena se detectan también notables curvaturas denominadas oroclinos. De norte a sur, se observa una curvatura en la región de Ecuador, la Deflección de Huancabamba, otra en la región boliviana, el Oroclino Boliviano, y la más austral, en la región patagónica, el Oroclino Patagónico, que curva en noventa grados la orientación de la cordillera. Estudios en el Oroclino Boliviano indican que éste se habría formado en el Oligoceno. Su origen podría estar relacionado con la colisión y subducción bajo el continente de algún bloque mayor de corteza oceánica, como ocurrió y sigue ocurriendo con la penetración de la India bajo Asia.

Otro rasgo mayor se encuentra en la región del Norte Chico, entre aproximadamente 27° y 33°S, es decir, entre Copiapó y Santiago, que se puede considerar como un segmento de la Cordillera de los Andes que difiere de los segmentos ubicados más al norte y más al sur. Aquí se detecta una total ausencia de volcanismo activo a lo largo del eje de la cordillera, y la presencia en territorio argentino de un importante cordón montañoso denominado Precordillera, y de una serie de serranías, aún más al este, denominadas Sierras Pampeanas, que alcanzan hasta la región de

Córdoba, en el centro de Argentina, ausentes más al norte y más al sur de estas latitudes. La distribución de las Sierras Pampeanas tan al este atestigua de un marcado desplazamiento del frente de deformación andina en esa dirección. Coincidentemente, en esta región la subducción de la Placa de Nazca se verifica con una inclinación de unos 15° al este, bastante menor que más al norte y más al sur, donde es de unos 30°, en la misma dirección. Estos marcados cambios fisiográficos y tectónicos se interpretan como el efecto de la subducción por debajo de esta región de un cordón submarino de origen volcánico y de 800 km de longitud, denominado dorsal de Juan Fernández. Este cordón, desarrollado en la Placa de Nazca, se desplaza con ella hacia el continente desde el archipiélago del mismo nombre, donde podría tener su origen. Esta coincidencia sugiere que la dorsal de Juan Fernández controla en esta región la fisiografía o morfología, el magmatismo y la tectónica de la cordillera.

El volcanismo actual que se desarrolla al norte de 27° S y al sur de 33° S tiene edades relativamente jóvenes, del Pleistoceno al presente (Fig. 1). La presencia en ambos segmentos de más de unos 120 volcanes activos en Chile plantea la necesidad de adoptar medidas de observación y monitoreo continuo con el objeto de proteger la sociedad civil y el patrimonio económico y natural. Es por ello que Chile cuenta con una Red de Vigilancia Volcánica atendida por el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), que

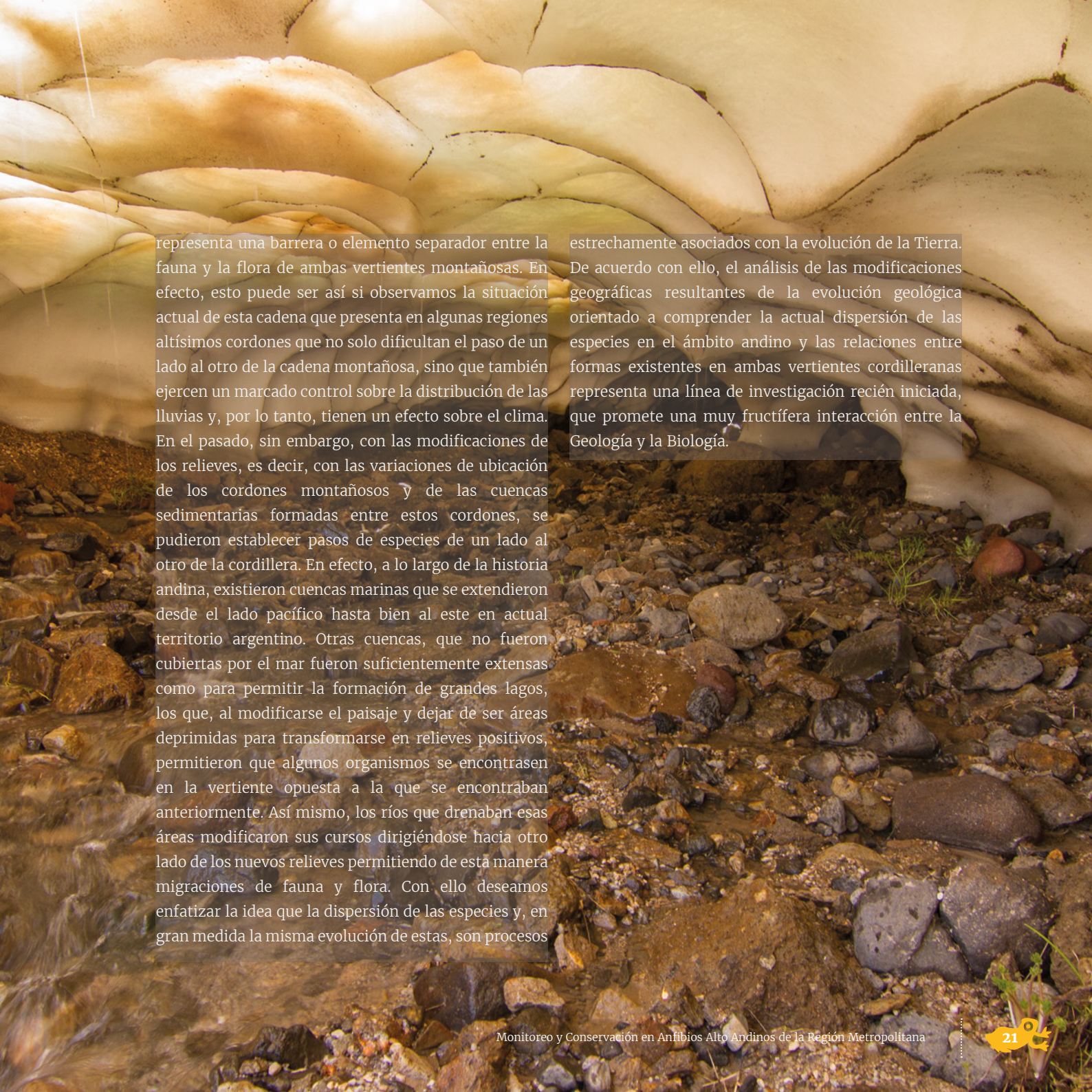
mantiene una vigilancia visual e instrumental a 43 macizos volcánicos declarados de alta peligrosidad atendiendo a las características y frecuencia de sus erupciones, y a su peligrosidad de acuerdo con su cercanía de regiones pobladas. El monitoreo en línea que se realiza las 24 horas del día permite conocer las condiciones sismológicas, geodésicas y geológicas de los 43 macizos volcánicos, algunos de los cuales se caracteriza por tener erupciones explosivas y, por lo tanto, de alta peligrosidad. De esta manera, se busca detectar con anticipación variaciones en el comportamiento de estos macizos, que permitan detectar el preludio de alguna fase eruptiva. Así mismo, en el país se realiza un monitoreo constante con estaciones sísmicas permanentes, complementado con estaciones móviles, que permiten conocer la naturaleza, frecuencia e intensidad de la sismicidad en el país, las aceleraciones en la horizontal y la vertical producida por los sismos en la superficie, y las deformaciones que experimenta el terreno en los periodos comprendidos entre sismos mayores.

Geológicamente se entiende por Cordillera de los Andes a toda la región montañosa comprendida entre la costa de América del Sur y las planicies que se extienden a su lado oriental. Esto incluye, por lo tanto, a lo que en Chile central conocemos como Cordillera de la Costa, separada, por el Valle Longitudinal o Depresión Central, de los cordones montañosos existentes más al este en Chile y Argentina, pertenecientes a lo que

se denomina Cordillera Principal. En el norte de Chile, donde la Cordillera de los Andes es mucho más ancha, se reconocen de oeste a este, las siguientes unidades: Cordillera de la Costa, Depresión Central, Cordillera Occidental o Volcánica, Altiplano-Puna, Cordillera Oriental, Sierras Subandinas; más al este se encuentra la llanura del Chaco. En el Norte Chico, entre 27° y 33° S, donde no existe la Depresión Central, no se puede diferenciar entre una Cordillera de la Costa y una Cordillera Principal.

La Cordillera de los Andes determina para los países que se encuentran sobre ella o a su lado oriental una serie de ventajas, como la existencia de abundantes recursos minerales y energéticos, y una serie de desventajas como los riesgos geológicos con los cuales los habitantes tienen que convivir. Esta situación representa un enorme desafío para sus poblaciones para desarrollar tecnologías de explotación sustentable de los recursos (metálicos, no-metálicos, energéticos) y, por otro, protegerse de los peligros que conlleva vivir en un ambiente geológico activo (terremotos, tsunamis, actividad volcánica deslizamientos de tierra, aluviones e inundaciones), y explica el desarrollo que han tenido en nuestro país disciplinas como la hidrogeología, la geología ambiental, la planificación territorial, la aplicación de la geología a obras de la ingeniería (geotecnia), y el estudio y prevención de los riesgos sísmico y volcánico, entre otros.

Se ha planteado que la Cordillera de los Andes

The background image shows a mountain range with snow-capped peaks. In the foreground, there is a rocky streambed with a small stream of water flowing through it. The rocks are of various sizes and colors, including grey, brown, and red. The snow is white and appears to be melting in some places.

representa una barrera o elemento separador entre la fauna y la flora de ambas vertientes montañosas. En efecto, esto puede ser así si observamos la situación actual de esta cadena que presenta en algunas regiones altísimos cordones que no solo dificultan el paso de un lado al otro de la cadena montañosa, sino que también ejercen un marcado control sobre la distribución de las lluvias y, por lo tanto, tienen un efecto sobre el clima. En el pasado, sin embargo, con las modificaciones de los relieves, es decir, con las variaciones de ubicación de los cordones montañosos y de las cuencas sedimentarias formadas entre estos cordones, se pudieron establecer pasos de especies de un lado al otro de la cordillera. En efecto, a lo largo de la historia andina, existieron cuencas marinas que se extendieron desde el lado pacífico hasta bien al este en actual territorio argentino. Otras cuencas, que no fueron cubiertas por el mar fueron suficientemente extensas como para permitir la formación de grandes lagos, los que, al modificarse el paisaje y dejar de ser áreas deprimidas para transformarse en relieves positivos, permitieron que algunos organismos se encontrasen en la vertiente opuesta a la que se encontraban anteriormente. Así mismo, los ríos que drenaban esas áreas modificaron sus cursos dirigiéndose hacia otro lado de los nuevos relieves permitiendo de esta manera migraciones de fauna y flora. Con ello deseamos enfatizar la idea que la dispersión de las especies y, en gran medida la misma evolución de estas, son procesos

estrechamente asociados con la evolución de la Tierra. De acuerdo con ello, el análisis de las modificaciones geográficas resultantes de la evolución geológica orientado a comprender la actual dispersión de las especies en el ámbito andino y las relaciones entre formas existentes en ambas vertientes cordilleranas representa una línea de investigación recién iniciada, que promete una muy fructífera interacción entre la Geología y la Biología.

# Diversidad y evolución de los Anfibios

En Chile se reconocen actualmente 62 especies, 14 géneros y siete familias de anfibios nativos (Correa et al. 2016), todas del orden Anura, a las cuales debe agregarse la especie introducida *Xenopus laevis*. Aunque este número de especies es bajo en comparación a otros países sudamericanos de clima tropical (por ej. Colombia, Brasil, Perú), el grado de endemismo alcanza un 66% (Correa et al. 2016), uno de los más altos para un país continental a nivel mundial (IUCN 2016). Esto se debe al prolongado aislamiento geográfico y a la alta heterogeneidad ambiental y orográfica que caracteriza a nuestro territorio (Santibáñez et al. 2008). Los taxa endémicos incluyen la familia Calyptocephalellidae (cinco especies) y el género *Insuetophrynus* (una especie).


Tradicionalmente se clasificó a los anfibios nativos de Chile en 12 géneros y tres familias: Bufonidae, Leptodactylidae y Rhinodermatidae (Vidal et al. 2008). De acuerdo a ese esquema, la mayoría de los géneros (10) y especies se incluía en la familia Leptodactylidae. Esta clasificación comenzó a modificarse a partir de mediados de la década del 2000 producto de diversos estudios filogenéticos moleculares (e.g. Correa et al. 2006, Frost et al. 2006). El hallazgo más importante de esos estudios fue la relación de los géneros *Calyptocephalella* (la rana chilena) y *Telmatobufo*, que actualmente conforman la

familia endémica Calyptocephalellidae, con los anfibios de Australasia (Correa et al. 2008). Esta relación implica un origen gondwánico para esta familia, cuya antigüedad se estima en más de 100 millones de años. La antigüedad de este linaje es corroborada por varios fósiles del género *Calyptocephalella* de estratos cenozoicos hallados en Argentina y Chile (Muzzopappa & Báez 2009, Otero et al. 2014).

El resto de los géneros, que pertenecen a las familias Alsodidae, Batrachylidae, Bufonidae, Leptodactylidae, Rhinodermatidae y Telmatobiidae, tienen afinidades con otros grupos neotropicales, aunque no se conocen con exactitud las relaciones filogenéticas entre estos linajes (Pyron & Wiens 2011). Tampoco se conocen fósiles de estas familias, ya que recientemente la identificación del fósil del Oligoceno argentino atribuido a *Eupsophus* fue cuestionada (Nicoli 2012). Sin información filogenética y paleontológica es difícil establecer el origen geográfico y temporal de esta fauna, aunque la distribución geográfica de las familias Alsodidae, Batrachylidae y Rhinodermatidae, restringida principalmente a los bosques templados del suroeste de Sudamérica, sugiere que la evolución de estos grupos está estrechamente asociada a la historia de estos bosques. Con la excepción de Alsodidae, géneros *Alsodes* y *Eupsophus*, que en







conjunto incluyen 28 especies, la mayoría de estas familias y géneros tiene pocas especies. A pesar de la baja riqueza de especies de algunos géneros, en conjunto estas familias se caracterizan por una alta heterogeneidad morfológica, ecológica y reproductiva, lo que refleja la evolución de distintas estrategias y adaptaciones a las condiciones ambientales del bosque templado (Formas 1979).

La familia Bufonidae tiene una distribución casi cosmopolita y en Chile está representada por solo dos géneros, *Rhinella* y *Nannophryne*, y cinco especies. Ambos fueron incluidos previamente en el género *Bufo*, de amplia distribución mundial, pero estudios filogenéticos moleculares demostraron que no están directamente relacionados. De hecho, *Rhinella* constituye un género sudamericano con más de 90 especies de origen relativamente reciente, mientras que *Nannophryne* constituiría un linaje relicto (solo cuatro especies) de origen más antiguo (Pramuk et al. 2008). La familia Leptodactylidae, actualmente reducida a una docena de géneros distribuidos principalmente en Sudamérica, está representada en Chile por tres especies del género *Pleurodema* (sapitos de cuatro ojos). Este género está ampliamente distribuido en zonas más tropicales de Sudamérica, por lo que se presumió que colonizó

Chile desde el noreste. Finalmente, la familia Telmatobiidae, constituida solamente por el género *Telmatobius*, es endémica de Los Andes centrales y la mayoría de las especies se encuentra en la alta cordillera de Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina (Formas et al. 2005).

# Distribución geográfica y hábitats de los anfibios

Los anfibios en Chile se distribuyen en casi todo el territorio nacional, con la excepción del interior del desierto de Atacama y el extremo sur de la región de Magallanes, entre el nivel del mar y los 4600m. Las familias con la distribución más amplia son Bufonidae (*Rhinella* y *Nannophryne*) y Leptodactylidae (*Pleurodema*). Otros géneros con amplia distribución son *Alsodes* y *Batrachyla*, y entre las especies, *P. thaul*, *B. taeniata*, *N. variegata* y *P. bufoninum* son las que tienen los rangos de distribución más extensos. En contraposición, los géneros *Insuetophrynus* y *Atelognathus* tienen los rangos de distribución más reducidos. El primero es endémico del bosque templado costero en el límite entre las regiones de La Araucanía y de Los Ríos, mientras que *Atelognathus* se distribuye más extensamente en la Patagonia argentina, por lo que su presencia en Chile es marginal.

Análisis biogeográficos muestran que la mayor riqueza de géneros y especies se encuentra entre los 37 y 41°S, particularmente en los bosques templados costeros, y que las especies pueden agruparse en tres grupos a lo largo del país (Vidal 2008). El grupo más septentrional se distribuye en la alta cordillera y Altiplano del extremo noreste del país, entre Visviri (17°35'S, Región de Arica y Parinacota) y el sur del Salar de Atacama (23°50'S, Región de Antofagasta).

Está constituido por nueve especies del género *Telmatobius*, de hábitos completamente acuáticos, *Pleurodema marmoratum* y *Rhinella spinulosa*. Todas estas especies habitan arroyos, ríos, lagunas, vegas y vertientes de salares, principalmente sobre los 2000m, aunque hay poblaciones de *R. spinulosa* bajo los 1000m en las quebradas de Azapa y Lluta. No hay poblaciones descritas en la costa e interior del desierto de Atacama de la Región de Tarapacá y la mayor parte de la Región de Antofagasta.

El segundo grupo se distribuye entre Paposo (25°S, costa de la Región de Antofagasta) y el sur de Concepción (37°S, Región del Biobío). Este grupo incluye las únicas dos especies, *R. atacamensis* y *P. thaul*, que han logrado colonizar los oasis y vertientes aisladas del extremo sur del desierto de Atacama (interior de la Región de Atacama). Desde la Región de Coquimbo hacia el sur se encuentra una serie de especies características de la región mediterránea central, todas endémicas de Chile: *R. atacamensis*, *R. arunco* (sapo de rulo), *Alsodes nodosus* (sapo arriero) y *Calyptocephalella gayi* (rana chilena). Solo esta última llega más al sur, hasta Puerto Montt. Las dos especies de *Rhinella* viven en las orillas de ríos, esteros y lagunas con poca vegetación, mientras que *A. nodosus* se encuentra en arroyos de quebradas con abundante vegetación. La rana

chilena, en cambio, habita de preferencia en ambientes de tipo léntico: humedales, lagunas, y zonas calmas de ríos y esteros. En este grupo central también se incluyen varias especies endémicas de la cordillera de Chile central, *A. montanus*, *A. tumultuosus*, *A. hugoi*, *A. pehuenche* y *Telmatobufo venustus*, que presentan variadas adaptaciones a la vida en arroyos torrentosos. A lo largo de la zona costera, una serie de géneros y especies más características de los bosques templados lograron colonizar en distinto grado la zona central. Las que se encuentran más hacia el norte (hasta Zapallar, Región de Valparaíso) son *Batrachyla taeniata* y *Rhinoderma rufum*. La primera, típica de zonas boscosas inundadas, logró colonizar ambientes más abiertos y secos, de tipo mediterráneo, mientras que la segunda quedó restringida a quebradas costeras aisladas con bosque higrófilo entre los 32°33' y 37°20'S. Las otras especies más asociadas al bosque (*A. cf. vanzolinii*, *B. leptopus*, *Eupsophus septentrionalis*, *T. bullocki* y *T. ignotus*) no llegan más al norte de los 35°50'S (Región del Maule). Finalmente, en este grupo se encuentra *A. cantillanensis*, recientemente descrita y conocida hasta ahora solamente en quebradas de bosque higrófilo del macizo de Altos de Cantillana (Región Metropolitana).

El tercer grupo se distribuye entre los

37°S y la península de Brunswick (53°30'S, Región de Magallanes), e incluye representantes de casi todos los géneros (excepto *Telmatobius*) y aproximadamente dos tercios de las especies descritas. La mayor parte de estos géneros y especies habita distintos ambientes de los bosques templados. Por ejemplo, el género *Eupsophus* y *Rhinoderma darwinii*, generalmente se encuentran en el suelo, en zonas húmedas. Las especies de *Batrachyla* e *Hylorina sylvatica* prefieren lagunas y zonas inundadas, preferentemente en el borde del bosque. En cambio, los géneros *Alsodes* y *Telmatobufo*, e *Insuetophrynus acarpicus* presentan diversas adaptaciones morfológicas y ecológicas para habitar los arroyos del interior del bosque. En la zona costera entre los 37° y 40°S, incluyendo la Cordillera de Nahuelbuta, se encuentran varias especies endémicas con distribuciones reducidas (*A. barrioi*, *A. norae*, *A. vanzolinii*, *T. bullocki*, *E. contulmoensis*, *E. nahuelbutensis*, *E. altor* e *I. acarpicus*), junto con especies más comunes y de distribución más amplia (*B. leptopus*, *B. taeniata*, *C. gayi*, *E. roseus*, *E. vertebralis*, *H. sylvatica*, *P. thaul* y *R. darwinii*). Solo algunas de estas últimas especies se encuentran al sur de los 40°S, donde se mezclan con poblaciones de *B. antartandica*, *E. calcaratus* y *E. emiliopugini*, y de otras especies con distribuciones reducidas o menos comunes

como *A. valdiviensis*, *A. verrucosus*, *A. gargola*, *Rhinella rubropunctata* y *T. australis*. Sin embargo, la riqueza de especies va disminuyendo progresivamente hacia el sur de los 40°S, por lo que entre todas las especies mencionadas solo *B. antartandica* y *E. calcaratus* llegan hasta la Región de Magallanes.

En la Región de Aysén también se encuentran especies más asociadas a la estepa patagónica (*Atelognathus ceii*, *A. salai* y *P. bufoninum*) y a los ambientes de tundra (*B. antartandica*, *Chaltenobatrachus grandisonae* y *Nannophryne variegata*). Entre estas, *B. antartandica*, *C. grandisonae* (recientemente descubierta en la Isla Riesco, Ortiz 2015), *N. variegata* y *P. bufoninum* alcanzan el extremo sur de la Región de Magallanes, excepto Tierra del Fuego y Navarino (Cei 1962), donde no hay registros de anfibios. Por lo que son los anfibios con el límite de distribución más austral del mundo.



# Ecología y comportamiento de los anfibios

Debido a su piel permeable, los anfibios necesitan regular su balance hídrico, lo cual significa que las especies pasan gran parte de su vida en ambientes dulceacuícolas o sitios con alto grado de humedad (Garín & Lobos 2008). A pesar de esta limitación, los anfibios presentan una amplia gama de adaptaciones ecológicas y de comportamiento que les permiten habitar variados ambientes. Es así como hay especies de hábitos casi completamente terrestres que se acercan al agua principalmente en la época reproductiva (*Rhinella*). Otras especies acuáticas habitan permanentemente lagunas, ríos, arroyos y humedales (*Calyptocephalella* y *Telmatobius*), mientras que otras están adaptadas a los arroyos torrentosos (*Alsodes*, *Insuetophrynus* y *Telmatobufo*). La dependencia de los ambientes húmedos determina que la mayoría de los anfibios sean nocturnos o crepusculares, una estrategia conductual que les permite minimizar la pérdida de agua por la piel.

Los anfibios de Chile presentan una alta diversidad de estrategias reproductivas que les permiten ocupar esa amplia variedad de hábitats (Soto et al. 2008). Por ejemplo, las larvas de los géneros *Telmatobufo* e *Insuetophrynus* tienen modificaciones morfológicas que les permiten sobrevivir en los cursos rápidos de agua. Las especies del género *Batrachyla* ponen sus huevos

en la vegetación húmeda cerca de pozas, lagunas y arroyos, después de lo cual los renacuajos que eclosionan son arrastrados por la lluvia hacia el agua donde completan su desarrollo alimentándose activamente. Las puestas de los sapos del género *Rhinella* consisten en cintas de miles de huevos que son depositadas en las orillas de ríos, esteros y lagunas, donde completan su desarrollo en unos pocos meses. Los sapos del género *Eupsophus*, en cambio, colocan sus huevos en cavidades llenas de agua en el suelo donde permanecen hasta completar su desarrollo sin necesidad de alimentarse (sobreviven de sus reservas de alimento contenido en la yema). La rana chilena coloca masas flotantes de miles de huevos que se desarrollan en ambientes lénticos (humedales, lagunas y orillas de ríos), donde sus larvas alcanzan un gran tamaño, superando en algunos casos los 15cm (Ceí 1962, Soto et al. 2008). El sapito de cuatro ojos (*P. thaul*) también pone masas flotantes de huevos en los mismos tipos de ambientes, pero el número de huevos es mucho menor (varios cientos; Ceí 1962). Los hábitos reproductivos de *Alsodes* y *Telmatobius* se desconocen, ya que no se sabe cuántos ni en qué fechas y lugares ponen sus huevos (Soto et al. 2008). Sin embargo, las larvas de estos géneros alcanzan un gran tamaño, a veces mayor que el de los adultos, y en algunos casos, por ejemplo

*A. pehuenche*, pueden vivir varios años (Corbalán et al. 2014).

En general, los anfibios no tienen cuidado parental y abandonan sus huevos. Sin embargo, se ha descrito en algunas especies de los géneros *Batrachyla* y *Eupsophus* que los machos permanecen al lado de sus puestas de huevos para protegerlos (Úbeda & Nuñez 2006). Un caso excepcional entre los anfibios a nivel mundial es la reproducción de las dos especies del género *Rhinoderma* (ranitas de Darwin) (Jorquera et al. 1981). En *R. darwinii*, el macho después de la cópula permanece junto a sus huevos hasta que los renacuajos comienzan a moverse, señal que provoca que el macho se los trague. Las larvas permanecen y se desarrollan en un saco bucal modificado por medio del cual su padre los alimenta, modalidad reproductiva conocida como neomelia. Finalmente, después de unos tres meses de permanecer en el interior del saco bucal, los pequeños sapos son expulsados completamente formados y comienzan su vida independiente. La otra especie, *R. rufum*, se diferencia porque las larvas permanecen un tiempo menor en el saco bucal y completan su desarrollo en un ambiente acuático (Jorquera et al. 1981).

Un aspecto estrechamente ligado a la reproducción es la comunicación vocal (Penna

& Díaz-Páez 2008). El repertorio vocal de los anfibios es limitado a unos pocos tipos de cantos, de los cuales el más importante y conocido es el de apareamiento, emitido por los machos. Este tipo de comunicación especie-específica es utilizada por los machos para atraer a las hembras, las cuales a su vez lo utilizan para localizar a sus potenciales parejas cuando hay más de una especie e identificar aquellos machos que les parezcan más atractivos. Otro tipo de canto que es producido por una gran variedad de especies es el de liberación, el cual es utilizado por los machos para rechazar a otros machos cuando se equivocan durante el amplexo o abrazo nupcial. Un tercer tipo de canto es el de peligro, el cual es emitido por machos y hembras cuando están en situaciones de riesgo de depredación o son manipulados bruscamente.

En Chile se han descrito uno o más de estos tres tipos de vocalizaciones en más de la mitad de las especies, pero aún se desconoce si la mayoría de las especies de *Alsodes*, *Telmatobius*, *Telmatobufo* y *Chaltenobatrachus grandisonae* emiten algún tipo de canto (Penna & Díaz-Páez 2008). La mayoría de las especies en que se conocen sus vocalizaciones emiten un canto de apareamiento, pero en Chile también hay especies que solo tienen cantos de liberación (*Rhinella*; Penna & Veloso 1981). En general, los



cantos de apareamiento permiten distinguir a las especies del mismo género (por ejemplo, entre las tres especies de *Batrachyla*, que en muchos lugares del sur de Chile se encuentran juntas), pero en algunos casos los cantos son muy parecidos entre especies emparentadas (*Eupsophus* del grupo *roseus*, *Rhinoderma*; Penna & Veloso 1990).

En algunas especies la época reproductiva

es de corta duración (por ejemplo, unas pocas semanas en *Rhinella*), pero las que se reproducen durante un tiempo más prolongado (por ejemplo, *Calyptocephalella gayi*, *Batrachyla*, *Eupsophus*, *Pleurodema*) forman coros de muchos individuos que están activos por varios meses en invierno y primavera. Estos coros muchas veces son la única forma de saber si estas especies están presentes en un lugar o no.



# El género *Alsodes*

El género *Alsodes* Bell 1843 comprende 19 especies (Charrier et al. 2015, Frost 2016) y es el linaje de anfibios más diversificado del suroeste de Sudamérica. Se distribuye principalmente en Chile, tanto en la cordillera de los Andes como en la cordillera de la Costa, y marginalmente en Argentina. En Chile, se extiende entre el extremo sur de la Región de Coquimbo (32°S aproximadamente, *A. nodosus*) y la isla Wellington, Región de Magallanes (49°S aproximadamente, *A. kaweshkari* y *A. coppingeri*), abarcando latitudinalmente casi 2000km. A pesar de esta distribución tan extensa, muchas especies se pueden considerar microendémicas ya que tienen rangos geográficos muy reducidos. Dentro de éstas, es posible mencionar a *A. cantillanensis*, endémica del macizo Altos de Cantillana, *A. hugoi* y *A. pehuenche*, de la cordillera de los Andes en Chile central, y *A. norae* y *A. igneus*, de los bosques templados del sur.

Dos características morfológicas permiten reconocer a las especies de este género: la ausencia de anillo timpánico externo y los caracteres sexuales secundarios del macho, que consisten en dos parches formados por espinas queratinosas en el pecho (de color negro en plena época reproductiva) y espinas nupciales en el dedo uno y dos (a veces también presentes en el dedo tres, por ejemplo, en *A.*

*tumultuosus* y *A. montanus*). Algunos individuos también presentan pequeñas cornificaciones esparcidas por el pecho, en el borde interior de los antebrazos, en la barbilla y/o en el borde del labio superior. La mayoría de las especies del género son de tamaño mediano o grande, con adultos que superan los 5 cm de largo hocico-cloaca, aunque en el caso de *A. nodosus* algunos machos pueden alcanzar hasta 9 cm. Además de las espinas en el pecho y los dedos de los machos, existe dimorfismo sexual en el tamaño corporal ya que los machos son más grandes y de textura más robusta que las hembras. Otro carácter sexual secundario de los machos es el engrosamiento de los antebrazos en la época de apareamiento, lo que les ha dado el nombre popular en Chile de sapo Popeye, particularmente a *A. nodosus*.

La coloración dorsal varía entre las especies. Por ejemplo, *A. nodosus* y *A. hugoi* suelen ser de color oliváceo o gris, con o sin manchas irregulares. *Alsodes montanus* tiende a ser de coloración café amarillenta, aunque los individuos de las poblaciones de la Región de O'Higgins son manchados. *Alsodes pehuenche* también es de coloración mostaza o amarillo ocre, pero las hembras en general son pardo oscuro con pequeñas manchas más claras. Al parecer, también hay dimorfismo sexual en la

coloración de *A. cantillanensis*, cuyas hembras son rojizas o anaranjadas (Charrier et al. 2015; Charrier y Correa, observaciones personales), aunque en este caso se necesitan más registros para ratificar esas diferencias. Las hembras de *A. vanzolinii* de la cordillera de Nahuelbuta suelen ser de coloración pardo oscuro con manchas amarillentas, pero existen individuos con diferentes tonos de café. Otras especies del sur de Chile varían entre el amarillo opaco de *A. barrioi*, al amarillo dorado de *A. norae* y *A. valdiviensis*, en todos los casos con extensas reticulaciones pardas. *Alsodes vittatus* y algunos individuos de *A. verrucosus* del P.N. Puyehue presentan una marcada línea vertebral.

Algunas especies, particularmente *A. vanzolinii* y *A. cantillanensis*, presentan un marcado triángulo de color claro sobre el rostro. Otras, como *A. hugoi*, *A. igneus*, y *A. valdiviensis* tienen una mancha triangular oscura sobre la cabeza, que tiene su base entre los ojos y converge hacia atrás en el dorso. Otra característica variable es la coloración del iris. Todas las especies tienen reticulaciones doradas, pero varían en extensión desde la coloración casi continua de la parte superior del iris en *A. cantillanensis* hasta casi desaparecer en los machos de *A. nodosus*. La extensión de la membrana interdigital y el reborde cutáneo

entre los ortejos es otra característica que ha sido utilizada para distinguir a las especies (Formas et al. 1997). Las especies más terrestres, por ejemplo *A. nodosus* y *A. vanzolinii*, carecen de membrana interdigital y reborde cutáneo, mientras que las más acuáticas, como *A. montanus* y *A. pehuenche*, tienen membranas muy desarrolladas. Las otras especies presentan condiciones intermedias, con desarrollo moderado de las membranas y/o los rebordes cutáneos (e.g. *A. australis* y *A. tumultuosus*).

En contraste a los adultos, las larvas de las distintas especies de *Alsodes* son morfológicamente muy parecidas entre sí. Pertenecen al tipo generalizado de Orton (1953), están relacionadas con ambientes lóticos y bénticos, y alcanzan un gran tamaño, en algunos casos superando los 7cm. Otra característica del género es que varias especies cantan o vocalizan en época reproductiva emitiendo un silbido o piar débil y repetitivo (e.g. *A. pehuenche* y *A. vanzolinii*). Sin embargo, el único canto descrito es el de *A. nodosus*, el cual emite un sonido parecido al silbido de un arriero arreando su ganado, por lo cual se le conoce como sapo arriero. El género también se caracteriza por una inusual variación en el número de cromosomas, ya que hay cuatro números representados que se diferencian por cuatro cromosomas: 22 en

*Alsodes nodosus*, 26 en la mayoría de las especies, 30 en *A. norae* y 34 en *A. barrioi*.

La taxonomía y la sistemática de *Alsodes* han sido consideradas complejas (Lynch 1978, Blotto et al. 2013). Recientemente, Blotto et al. (2013) y Charrier et al. (2015) realizaron los análisis filogenéticos de este género más completos a la fecha, incluyendo la mayor parte de las especies. Ellos ratificaron la estrecha relación entre *Eupsophus* y *Alsodes*, y que dentro de *Alsodes* hay dos linajes principales, uno formado por *A. cantillanensis*, *A. nodosus* y *A. vanzolinii*, y otro por el resto de las especies. Blotto et al. (2013) analizaron la distribución del número de cromosomas en el árbol filogenético que obtuvieron, encontrando que los números diferentes a 26 se originaron independientemente de un ancestro con 26 cromosomas. Además, ellos destacan que muchas especies del género tienen baja divergencia genética entre ellas,

lo que contrasta con sus diferencias morfológicas o en el número de cromosomas. A pesar de estos avances en el conocimiento de la sistemática y evolución del género, se conoce muy poco de la distribución geográfica, la ecología, la biología reproductiva, la comunicación y la historia natural de la mayoría de las especies.



## Los *Alsodes* alto andinos

La extensa distribución latitudinal y altitudinal del género implica que sus especies ocupan diversos ambientes, lo cual explica en parte su gran diversidad morfológica. Aunque la mayoría de las especies habita los bosques templados y patagónicos al sur de los 37°S, una se distribuye ampliamente en la zona mediterránea y precordillera de Chile central (*A. nodosus*) y otras cuatro (*A. hugoi*, *A. montanus*, *A. pehuenche* y *A. tumultuosus*) en la cordillera y precordillera de Los Andes, entre los 33 y 36°S aproximadamente.


Tres de estas especies, *A. montanus*, *A. pehuenche* y *A. tumultuosus*, pueden encontrarse sobre los 2200msnm, zona que aquí consideramos alto andina por el predominio de vegetación estepárica de altura. Sin embargo, *A. montanus* y *A. tumultuosus* también se encuentran en arroyos a menos de 2000msnm, cubiertos por vegetación más densa (Araya & Riveros 2008, Mora et al. 2015). Estas dos últimas especies, endémicas de Chile, se distribuyen entre La Parva (Región Metropolitana) y el Río Tinguiririca (Región de O'Higgins), en muchos casos en los mismos sistemas hídricos, mientras que *A. pehuenche* se conoce en Chile solo en el Paso Pehuenche y en los alrededores de La Laguna del Maule (36°S, Región del Maule; Corbalán et al. 2010, Correa et al. 2013).

Estas especies de *Alsodes* tienen

adaptaciones particulares para vivir en las alturas de los Andes. Dos de ellas, *A. montanus* y *A. pehuenche*, tienen hábitos más acuáticos por lo que tienen características morfológicas similares a los *Telmatobius* que habitan las alturas del Altiplano del extremo norte de Chile: piel suave, con numerosos pliegues, ojos dirigidos más hacia adelante que en las especies terrestres y dedos de las patas unidos por membranas. Estas características son más acentuadas en *A. montanus* que en *A. pehuenche*, particularmente el tamaño de las membranas. En *A. pehuenche* hay un dimorfismo sexual en el desarrollo de los pliegues de la piel, más extensos en los machos, y en la coloración, ya que las hembras en general son de color pardo, más oscuras que los machos, y además tienen pequeñas manchas amarillentas. *Alsodes tumultuosus* es una especie menos acuática que tiene los dedos de los pies con rebordes cutáneos y las membranas interdigitales menos desarrolladas (Velooso et al. 1979).

Es muy poco lo que se conoce de la biología de las dos especies de *Alsodes* alto andinas de la Región Metropolitana, *A. montanus* y *A. tumultuosus*. Ambas son nocturnas y se alimentan principalmente de artrópodos y otros invertebrados acuáticos (Busse 1980, Díaz & Valencia 1985). En cuanto al hábitat, ambas se





encuentran en arroyos torrentosos con poca vegetación acuática, pero de acuerdo a Díaz & Valencia (1985), *A. montanus* prefiere los pozos más profundos mientras que *A. tumultuosus* las orillas con vegetación. Según ese mismo estudio, en que se realizó un monitoreo de las dos especies en un arroyo de La Parva, esta segregación espacial estaría acompañada por una segregación temporal ya que *A. tumultuosus* comienza su actividad justo después del derretimiento de la nieve, mientras que *A. montanus* aparece semanas después, cuando la temperatura del agua es mayor. Otro resultado importante de ese estudio, es que las larvas tardan más de un año en desarrollarse ya que se observan larvas de gran tamaño a principios de la primavera, cuando la nieve comienza a derretirse.





# *Alsodes cantillanensis* (Sapo de pecho espinoso de Cantillana)

## Una especie endémica de la Región Metropolitana.

La rana de pecho espinoso de Cantillana se encontró por casualidad en el marco de una prospección de marsupiales en el fundo San Juan de Piche, cerca de Villa Alhué, Región Metropolitana, organizada por Jaime Rovira del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) para determinar la presencia de monito del monte en dicho lugar. Existían antecedentes por parte de un arriero que decía haber visto monito del monte en la zona hace muchos años atrás. No se encontraron monitos del monte en esa prospección, pero el último día de muestreo se encontró en una quebrada llamada Infiernillo una especie desconocida para la ciencia perteneciente al género *Alsodes*. Posteriormente se realizaron más de 13 exploraciones a la zona para obtener nuevos datos de la distribución, biología, ecología, abundancia y conducta de la especie.

Hasta ahora la especie ha sido encontrada en solo dos quebradas de bosque hidrófilo dentro del fundo San Juan de Piche. Ambas quebradas están formadas por pequeños arroyos de agua cristalina muy limpia, con vegetación ribereña densa en que se mezclan helechos, lianas, robles de Santiago, arrayanes, fucsias magallánicas y canelos, entre otros.

La mayoría de los individuos se encontraron bajo el agua, bajo piedras en el río o escondidos bajo gruesas capas de hojarasca húmeda. Es de actividad nocturna principalmente, aunque algunas veces se han encontrado también individuos durante el día, en la orilla del río posados sobre el musgo y helechos.

El fundo San Juan de Piche forma parte del cordón montañoso Altos de Cantillana, el cual se enfrenta constantemente a una serie de amenazas como brotes de incendios forestales durante la época de verano, plantaciones de viñedos y eucaliptus lo que conlleva una intervención de las cuencas de ríos para regadío y la permanente presión por parte de la industria minera en la zona.







# Antecedentes de la Declinación Global de Anfibios

Se estima que las poblaciones de vertebrados han declinado un 52% en los últimos 40 años a nivel global (WWF 2014). Uno de los grupos más afectados son los anfibios, con al menos un 43% de las especies con poblaciones en declinación (Stuart et al. 2008). Esta tasa de disminución es cada vez más rápida (Houlahan et al. 2000), siendo sus principales causas la destrucción de hábitat, enfermedades emergentes, introducción de especies invasoras, sobreexplotación y cambio climático (Beebee & Griffiths 2005, Hussain & Pandit 2012).

A menudo es difícil identificar cuáles de estos factores están afectando a las poblaciones ya que en muchos casos actúan en conjunto y sinérgicamente (Hof et al. 2011, Grant et al. 2016). En Chile, se han detectado los mismos factores de amenaza para los anfibios (Lobos et al. 2013), los cuales han determinado que el 70% de las especies esté en alguna categoría de amenaza según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente (Correa et al. 2016), más del doble del porcentaje mundial (31,8%, IUCN 2016). A continuación se describe brevemente cómo estos factores afectan a las poblaciones de anfibios y la situación en Chile.

**Destrucción de hábitat:** la causa más común

de la pérdida de biodiversidad es la destrucción y fragmentación del hábitat (WWF 2014). Esta se genera por el crecimiento y expansión de las actividades humanas, las cuales implican una mayor demanda de alimento, combustibles, viviendas, estilos de vida y desarrollo de mayor infraestructura (Ricketts & Imhoff 2003). Actualmente los sitios con mayor riqueza de anfibios a nivel mundial son los bosques y selvas tropicales cuya destrucción y modificación continúa inexorablemente (Gallant et al. 2007). Los anfibios, por ser animales ectotermos y poseer una piel permeable, necesitan regular constantemente su temperatura y humedad corporal por lo que son altamente susceptibles a los cambios del medio ambiente (Pough et al. 2004). Además, la mayoría de los anfibios presentan un ciclo de vida complejo, es decir, su desarrollo está compuesto de un estado terrestre y otro acuático por lo que son vulnerables a alteraciones producidas en ambos medios. El estrés ambiental asociado a un ambiente degradado puede provocar una inmunodepresión en los anfibios lo que los hace más susceptibles a enfermedades emergentes (Bosch 2003). En Chile, la destrucción y degradación de hábitats han sido reconocidas como las mayores amenazas para los anfibios (Ibarra-Vidal 1989, Ortiz & Heathwole 2010, Lobos et al. 2013), pero

hasta ahora no hay estudios que cuantifiquen sus efectos. Sin embargo, hay razones fundadas para atribuir la declinación de algunas especies (por ej., *Calyptocephalella gayi*, *Batrachyla taeniata*) e incluso la probable extinción de una (*Rhinoderma rufum*) en Chile central, a las actividades humanas que han modificado profundamente esta zona del país (Ortiz & Heathwole 2010, Bourke et al. 2012, Cuevas 2014).

**Enfermedades emergentes:** una de las enfermedades que ha generado mayor impacto en los anfibios es la quitridiomicosis, producida por un hongo altamente transmisible, *Batrachochytrium dendrobatidis* (Skerratt et al. 2007), que ha producido altas mortalidades de anfibios y disminución de poblaciones a nivel mundial (Piotrowski et al. 2004, Catenazzi 2015). Otro agente infeccioso responsable de episodios de mortalidades en masa de anfibios es el *Ranavirus* (Greer et al. 2005, Mazzoni et al. 2009), que produce ulceraciones y hemorragias en la piel y las patas traseras (Gray et al. 2009). En Chile, se ha reportado la presencia de *B. dendrobatidis* en poblaciones naturales de 16 especies nativas a lo largo de todo el país (Correa et al. 2016). Soto-Azat et al. (2013) entregaron evidencia de mortalidad de *Rhinoderma darwinii* asociada a la presencia de *B. dendrobatidis*,

sugiriendo además que este hongo estaría involucrado en la declinación de *R. darwinii* y la presunta extinción de *R. rufum*.

**Introducción de especies invasoras:** las especies invasivas pueden afectar a los anfibios a través de uno a más mecanismos, incluyendo predación, competencia, introducción de patógenos e hibridación (Kats & Ferrer 2003, Hussain & Pandit 2012). Los anfibios también pueden convertirse en especies invasivas como lo demuestra la amplia distribución que ha alcanzado la rana africana (*Xenopus laevis*) a nivel mundial (Measey et al. 2012). En Chile está presente entre las regiones de Coquimbo y de O'Higgins, abarcando un total de 21200 km<sup>2</sup> (Lobos & Jaksic 2005). Una de las amenazas de *X. laevis* a los anfibios nativos es que es portador de *B. dendrobatidis*. De hecho, se ha detectado que la prevalencia del hongo en poblaciones asilvestradas de *X. laevis* en Chile es de 24,1%, mayor que en su país de origen, Sudáfrica, donde su prevalencia es de un 2,6% (Solís et al. 2010). Otras especies invasoras que podrían amenazar a los anfibios nativos en Chile son la trucha (*Salmo trutta*), que depreda sobre las larvas de anfibios disminuyendo su sobrevivencia (Gillespie 2001), y el visón (*Neovison vison*) que puede ser un potencial depredador, ya que se ha descrito



que en otros países incluye en su dieta anfibios adultos (Ahola et al. 2006).

**Sobreexplotación:** a nivel mundial, cientos de especies de anfibios han sido utilizadas para el mercado gastronómico, medicinal y el comercio de mascotas (Rowley et al. 2010). En Chile, históricamente se ha utilizado la rana chilena (*Calyptocephalella gayi*) para fines gastronómicos, pero su explotación fue tan intensa en la década de los setenta que fue necesario declarar una veda (Hermosilla & Acuña 2004). Actualmente, se encuentra protegida por la Ley de caza (N° 19.473) y está en la lista III del CITES. Además, existe un programa de crianza en cautiverio para proteger a la especie y aprender más acerca de su biología y reproducción (Vélez-R 2014).

**Cambio climático:** el cambio climático sería el responsable de disminuciones del tamaño poblacional y posibles extinciones de anfibios a nivel global (WWF 2014). Los anfibios son vulnerables a los cambios climáticos por estar condicionados a la presencia de agua y por su poca capacidad de dispersión (Araújo et al. 2006). En respuesta a estos cambios, los anfibios podrían responder modificando su fenología reproductiva (la época en que se reproducen), su comportamiento o su rango de distribución, si

es que tienen la posibilidad de migrar (Walther et al. 2002, Carey & Alexander 2003, Beebee & Griffiths 2005, Catenazzi 2015). Los efectos atribuidos al cambio climático se han registrado en diversas partes del mundo. Por ejemplo, un monitoreo de anfibios a largo plazo en EEUU registró que el aumento de temperatura y sequía generó la desaparición de la mitad de la población de anfibios del parque nacional Yellowstone (McMenamin et al. 2008). En Chile, aún no se han realizado estudios que vinculen el cambio climático con la declinación y/o desaparición de poblaciones de anfibios.

En síntesis, cada día son mayores y más frecuentes las amenazas que están relacionadas con la declinación de anfibios. Es por esta razón que es necesario generar información acerca de la distribución, historia natural y ecología de las especies, y realizar paralelamente monitoreos a largo plazo de sus poblaciones para poder detectar las amenazas a tiempo, estimar abundancia y tendencias demográficas, y generar medidas para evitar su declinación y extinción. Dentro de este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo principal recopilar información acerca de la abundancia estacional y los factores que amenazan a *Alsodes montanus* y *A. tumultuosus*, información que se entrega en el próximo capítulo.

# Proyecto Fondo de Protección Ambiental: "Monitoreo y Conservación de Anfibios Alto Andinos de la Región Metropolitana"

Este proyecto involucró dos especies de anfibios del género *Alsodes* con problemas de conservación que habitan los esteros aledaños a los centros de esquí de Farellones y La Parva: *A. tumultuosus*, considerada como Vulnerable y *A. montanus* considerada En Peligro por la IUCN (2016); ambas especies, además, están en la categoría de Peligro/Rara según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). Hasta el 2014 se conocían solo dos localidades de *A. tumultuosus*, La Parva y Potrero Grande (Lobos et al. 2013), pero posteriormente su distribución fue extendida hasta el sur de la Región de O'Higgins (Mora et al. 2015, Ramírez 2015). *Alsodes montanus* tiene un rango de distribución similar, encontrándose en las regiones Metropolitana y de O'Higgins, entre los 1.350 y 3.000 msnm (Araya & Riveros 2008, Correa et al. 2008, Horta et al. 2014, Mora et al. 2015).

Uno de los objetivos principales de este proyecto fue realizar un monitoreo de las poblaciones de *A. montanus* y *A. tumultuosus* de un arroyo de La Parva. El sitio escogido fue el mismo donde Díaz & Valencia (1985) realizaron un monitoreo de estas dos especies en las temporadas de primavera-verano de 1978-1979 y 1979-1980, por lo que los datos recogidos en el presente proyecto permitirán comparar la situación de esas poblaciones 35 años después.

## Zona geográfica del estudio

La zona geográfica corresponde al sector alto andino de la Región Metropolitana frente a Santiago que comprende los centros de esquí de Farellones, La Parva, El Colorado y Valle Nevado. Esta zona se caracteriza por un relieve abrupto y la presencia de numerosos riachuelos, chorrillos y vegas alto andinas de aguas permanentes entre los 2200 y 3200m. La zona tiene un clima xérico de altura (vegetación de estepa, gramíneas de crecimiento de cojín y matorral, y presencia de herbáceas como *Anarthrophyllum sp.* y *Haplopappus sp.*), experimentando marcados ciclos estacionales que incluyen al menos cinco meses de precipitación de nieve, que cubren completamente el área en invierno, y altas temperaturas en verano. Estos cambios estacionales hacen que las cuencas de ríos tengan variaciones importantes en su caudal durante primavera y verano (Díaz & Valencia 1985).

En el área de estudio se observan evidentes perturbaciones antrópicas, tales como basura y escombros generados por los visitantes al centro de esquí y por los proyectos inmobiliarios desarrollados en el sector, e intervenciones en los cursos de agua como tomas de agua y caminos que los atraviesan.





## Metodología del monitoreo

Para comparar los datos del presente monitoreo con aquellos de Díaz & Valencia (1985), se utilizó una metodología similar. El sitio exacto del estudio de Díaz & Valencia (1985) se ubicó a partir de las coordenadas entregadas en su artículo y fue corroborado por medio de una comunicación personal con uno de sus autores, Dr. Nelson Díaz (Universidad de Chile). Utilizando Google Earth se definió un transecto de 1,44 km a lo largo del arroyo, que fue dividido en dos zonas, una alta y otra baja, separadas por un camino que atraviesa el arroyo.

Las búsquedas de anfibios se realizaron durante la noche entre las 21:30 PM y las 03:00 AM, dos veces al mes, entre octubre del 2014 y diciembre del 2016. Cada prospección fue llevada a cabo por dos equipos, de a lo menos dos personas, uno por cada zona. La búsqueda de los anfibios se realizó por encuentro visual, inspeccionando todos los sitios donde naturalmente se encuentran durante la noche: orillas del arroyo, en cavidades entre piedras o (semi) sumergidos en el agua.

Se aplicaron medidas de bioseguridad siguiendo el protocolo descrito en Lobos et al. (2013), principalmente, la utilización de guantes de nitrilo para cada individuo manipulado y la desinfección previa de los materiales y la vestimenta utilizada.

Para cada individuo encontrado se registraron los siguientes datos: largo total hocico-cloaca (cm), peso (g), sexo, determinado según la presencia o no de parches espinosos en los machos, y posición con un GPS. Luego, cada individuo fue liberado en el mismo sitio de captura.

En diciembre de 2016 se finalizó el monitoreo con el marcaje de individuos adultos a través de nano chip (Nano transponder ID100 con aguja) vía subcutánea para poder seguir el estudio por varios años más y recopilar antecedentes adicionales.

Además, se realizaron prospecciones en otros sitios cordilleranos donde se conoce o sospecha la presencia de *Alsodes*: Parque Andino Juncal (Región de Valparaíso), Lagunillas (Región Metropolitana) y Santuario de la Naturaleza Alto Huemul (Región de O'Higgins).



○ .....  
A. *tumultuosus*, medidas de bioseguridad, pesaje, y marcaje con nano chips.  
Fotografías: Natalie Pozo.



## Resultados monitoreo

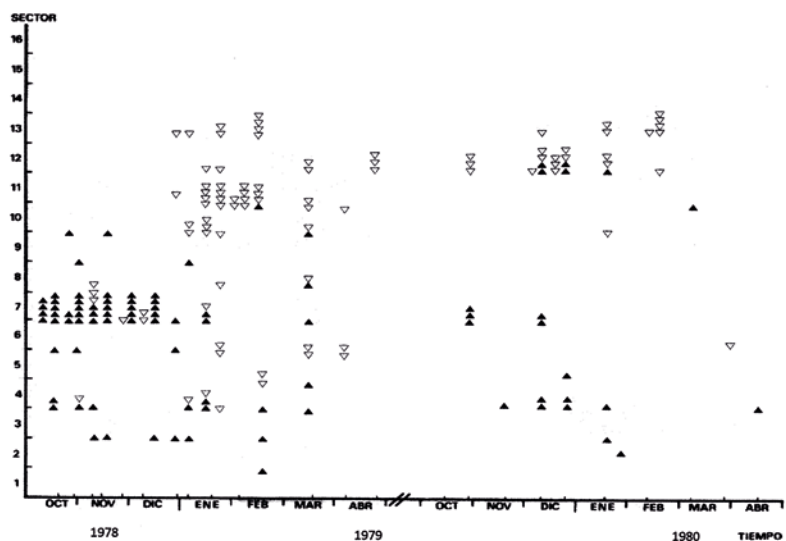


Fig. 2. Distribución altitudinal y temporal de individuos adultos y juveniles de *Alsodes montanus* ▽ y *Alsodes tumultuosus* ▲ observados a lo largo del área de monitoreo en el estudio poblacional de Díaz & Valencia (1985). Estos autores dividieron el arroyo en 16 sectores, desde los 2670 m hasta los 3080 m sobre el nivel del mar, representados en el eje vertical de la figura (el sector 16 es el más alto).

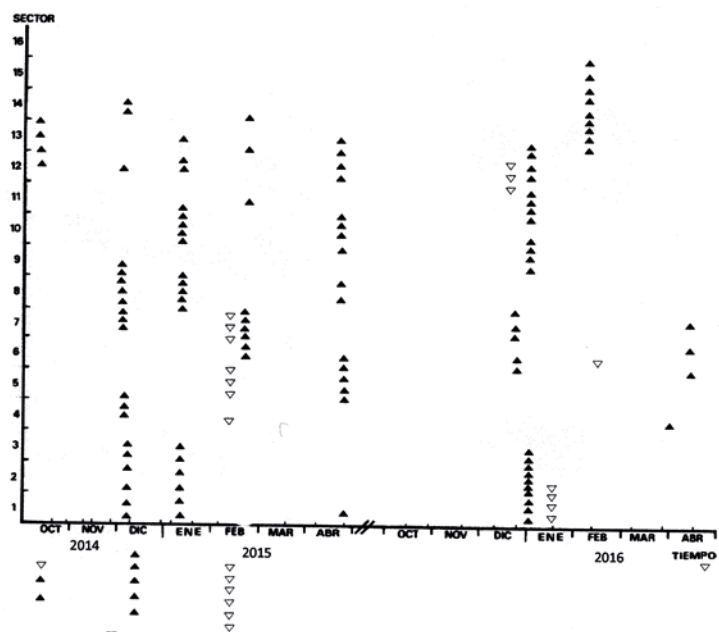


Fig. 3. Distribución altitudinal y temporal de individuos adultos y juveniles de *Alsodes montanus* ▽ y *Alsodes tumultuosus* ▲ observados entre los años 2014-2016 en el mismo sitio monitoreado por Díaz & Valencia (1985). Note la importante disminución altitudinal y cuantitativa de individuos de *Alsodes montanus* en el sector alto del transecto estudiado y el aumento de *Alsodes tumultuosus* en relación a los datos de hace 36 años.



### Presiones antropogénicas en la zona

Parte del trabajo realizado por nuestra investigación fue buscar los potenciales riesgos de los anfibios en la zona, para proponer en el futuro medidas de seguridad y un mejor manejo de las cuencas y hábitats favorables para la presencia de los anfibios, que sirva en el futuro a la Municipalidad de Lo Barnechea.

Toda la zona comprendida entre los centros de esquí de la Parva y Valle Nevado tienen una serie de presiones antropogénicas. Una de las amenazas más importantes detectadas en los cursos de los ríos es la basura acumulada (específicamente en la Parva) al fondo de las quebradas donde habitan los anfibios.

Detectamos un sector de la Parva en que se producía un permanente vertido de restos de material de construcción hacia las cuencas. Esto se puede ver notoriamente por el cono de basura que deja el vertido de desechos y escombros proveniente de las faenas propias de la construcción. Nos parece importante recalcar que esta basura no corresponde a desperdicios de origen doméstico (no hay presencia de bolsas de basura), si no a escombros provenientes de las empresas constructoras e inmobiliarias en la zona y restos de artefactos relacionados con el sistema de andariveles. Por esta razón dentro de las medidas de conservación comprometidas

por el proyecto se han realizado tres campañas de limpieza en dicha quebrada en conjunto con la Municipalidad de Lo Barnechea. Gracias al importante trabajo realizado por la I. Municipalidad de Lo Barnechea se cerró dicho lugar donde se vertían los desechos. Sin embargo aun existe presencia de basura a pesar de las campañas de limpieza realizada por voluntarios, esto significa que el lugar sigue siendo usado como vertedero de escombros y otros materiales.


Otra de las presiones importantes en la zona es por el recurso agua. Por una parte hay un consumo permanente de este recurso que aumenta en la época de invierno, relacionado con el aumento del turismo, sin embargo durante los monitoreos realizados en la zona durante el verano 2015 detectamos una fluctuación muy importante en el cauce del río donde estábamos realizando nuestra investigación. Pensando que esas oscilaciones se debían a la napas subterráneas, comenzamos a estudiar cuales serían las posibles causas y descubrimos que en la parte superior se extrae agua directamente del cauce para almacenarla en dos tranques, que posteriormente son usados tanto para agua potable de La Parva como para la generación de nieve artificial en la época de invierno para las canchas de esquí. Estas observaciones fueron realizadas en los meses de Enero y Febrero

cuando existe una mayor demanda de agua por parte de los anfibios, debido a que son los meses en que hay mayor actividad reproductiva de estos animales y sus larvas necesitan el agua, porque de lo contrario se desecan completamente y mueren. Durante varias noches observamos como variaba el caudal, lo que en algunas noches se traducía en la disminución del 100% de agua, donde los posones, habitados por las larvas de *Alsodes*, quedaban completamente secos, sin que se consideraran los caudales mínimos ecológicos que permitan la sobrevivencia de las larvas durante este periodo. Si bien estos son derechos de agua constituidos, nosotros consideramos que es de extrema urgencia incorporar el concepto de Caudal Ecológico Mínimo, establecido en el Decreto Supremo 14 de 2013, publicado por el Ministerio del Medio Ambiente. Lo anterior cobra mayor relevancia, toda vez que las quebradas en estudio son hábitat de dos especies consideradas como amenazadas, así como estar ubicadas geográficamente dentro del Santuario de la Naturaleza Yerba Loca. Este problema requiere de la fiscalización urgente por parte de los organismos competentes.

Otro problema detectado en dicho lugar es el desarrollo inmobiliario en la zona y el crecimiento de los centros de esquí con todo lo que eso implica; movimiento de tierras,

sedimentación de las aguas, intervenir las cuencas, caminos, tratamiento de aguas, instalación de nuevos andariveles, se esta volviendo una amenaza silenciosa para el hábitat de estas especies. Un ejemplo de lo anterior, es la forma desigual en que se están disponiendo las aguas servidas en las quebradas en estudio, donde se ha detectado por un lado, la disposición de las aguas servidas directamente, sin ningún tratamiento previo y por otro lado la utilización de plantas de tratamiento, lo que incorpora compuestos químicos. En ambos casos se desconoce la forma en que los anfibios podrían reaccionar, sugiriéndose monitoreos constantes en estos cauces. Lo anterior refleja un desarrollo poco consensuado de la zona estudiada, para esto sería importante generar una modificación del plan regulador actual, donde se considera un plan de desarrollo integral para todas las áreas urbanas del Centro Cordillera (Farellones, La Parva, El Colorado, Valle Nevado y sus zonas aledañas) donde se establezca una regulación que ofrezca las condiciones necesarias para la planificación del crecimiento físico futuro de los asentamientos, donde esté presente en forma fundamental la preservación del hábitat de los anfibios en los criterios de desarrollo.

Asimismo, el nuevo trazado que podría tener el camino a Farellones debería tener en



cuenta la presencia de estas especies y hábitats sensibles en la zona. Hoy día toda esa zona de los contrafuertes cordilleranos tiene una presión altísima por nuevos proyectos mineros (ampliación de la Mina los Bronces) los que pueden convertirse en una eventual amenaza para los *Alsodes* en la zona. En el futuro los organismos públicos encargados de fiscalizar este tipo de actividades deberían exigir que los estudios realizados en la zona sean hechos con personas con probada experiencia en el estudio de estos organismos. Por otro lado (esto debería ser transversal a todos los anfibios de Chile) los pronósticos de cambio climático expresados en la disminución de las lluvias y el aumento de las temperaturas en la Región Metropolitana en verano podrían incidir negativamente en la biología reproductiva de ambas especies de *Alsodes*. Finalmente el desconocimiento que tenemos de todos los aspectos de la biología de estas especies y como pueden responder a todas estas variables nos parecen son la mayor amenaza para los anfibios.



## Importancia de los monitoreos a largo plazo

A nivel mundial la biodiversidad se está enfrentando a constantes cambios, tanto de origen natural como antrópico (Shen & Ma 2014). Las perturbaciones antrópicas son cada vez más frecuentes, generando alteraciones en los procesos ecosistémicos y, a su vez, cambios en la resiliencia de los ecosistemas frente a los cambios ambientales (Armesto 1990, Chapin et al. 2000). Para prevenir que estos cambios sigan produciendo una declinación de la biodiversidad y proponer estrategias de acción, es necesario generar antecedentes de alta calidad, es decir, información a largo plazo y monitoreos ambientales (Likens & Lindemayer 2011).

Una definición de monitoreo está descrito por Molina et al. (2006): “la estimación periódica y estandarizada de la riqueza y/o abundancia de una o más poblaciones, ensambles, comunidades o gremios de especies, a lo largo de un período de tiempo con el objeto de observar la dinámica de cambios o tendencias, sean estos naturales o asociados a actividades antrópicas lo que permite detectar patrones en la distribución y abundancia de especies”. Los monitoreos se pueden categorizar según términos temporales en corto (menos o igual a un año), mediano (1-5 años) o largo plazo (mayores de cinco años).

La principal ventaja de los monitoreos a largo plazo es que proporcionan antecedentes

ecológicos fundamentales para el manejo de los ecosistemas y recursos naturales (Lindenmayer & Likens 2009), permitiendo evaluar las respuestas de los ecosistemas frente a los cambios generados por las perturbaciones, ya sea por acción antrópica o fluctuaciones naturales (Navarrete 2010, Gaxiola 2014). Un ejemplo en Chile son los estudios a largo plazo realizados en la Estación Biológica Senda Darwin (Carmona et al. 2010), ubicada en la Isla Grande de Chiloé, donde se investigan las respuestas de especies y ecosistemas tanto al cambio antropogénico del paisaje como al cambio climático, así como a los efectos de diferentes formas de manejo.

Existe una plataforma de colaboración internacional que opera en Chile, la Red Internacional de Estudios Ecológicos de Largo Plazo (ILTER, International Long-Term Ecological Research Network), que promueve los monitoreos a largo plazo y los estudios multidisciplinarios para prevenir las amenazas ambientales (Armesto et al. 2014). En Chile existen tres sitios de estudio a largo plazo ligados al ILTER, localizados en el Parque Nacional Fray Jorge, Isla Grande de Chiloé y en la Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos (Gaxiola et al. 2014).

El proyecto de anfibios alto andinos se puede considerar un monitoreo de mediano plazo (dos años), pero con el potencial de convertirse en

un estudio de largo plazo. Durante el desarrollo del proyecto se implementaron dos medidas que facilitarían la continuación del monitoreo. La implantación de nanochips en los adultos, permitirá aplicar técnicas de captura-recaptura con las cuales es posible obtener estimaciones de tamaño poblacional y desplazamiento. Por otro lado, la estación biológica instalada cerca del área de estudio (Farellones) servirá como refugio y base de operaciones para los investigadores. Un estudio de largo plazo es la única manera de obtener información básica de la ecología e historia natural, y de las respuestas poblacionales a los cambios antropogénicos y naturales. Además, representa una oportunidad para obtener datos de abundancia y tendencias poblacionales, los cuales son útiles para evaluar los estados de conservación de estas especies alto andinas.



○ Montaje ubicación de la estación biológica en La Parva.



# Difusión del Proyecto

Para poder conservar la naturaleza es necesario disminuir el deterioro que se produce en los diversos ambientes naturales, y uno de los requisitos fundamentales es generar conciencia, respeto y valor por la naturaleza. Por esta razón es importante generar difusión de los proyectos a través de charlas, material gráfico y fotografías, para dar a conocer la flora y fauna nativa que existe en nuestro país.

En este proyecto se realizaron diversas actividades de difusión. Se realizó una exposición fotográfica itinerante con imágenes de los anfibios de Chile, la cual fue instalada por un mes en diversos centros a lo largo del país: Zoológico Metropolitano, Facultad de Ciencias de la Universidad Mayor, Facultad de Ecología y Recursos Naturales de la Universidad Andrés Bello, Jardín Botánico Nacional de Viña del Mar, Campus Casa Central de la Pontificia Universidad Católica y Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile.

También se realizaron las siguientes charlas acerca de los anfibios de la zona de estudio y los objetivos del proyecto:

Título: “**Anfibios de la zona central**”

Expositor: Claudio Correa

Sitio: Villa Alemana, Región de Valparaíso.

Título: “**Conservación de anfibios alto andinos de la región Metropolitana**”

Expositor: Andrés Charrier

Sitio: Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Universidad Mayor. Huechuraba, Región Metropolitana.

Título: “**Monitoreo y Conservación de anfibios alto andinos de la Región Metropolitana**”.

Expositor: Andrés Charrier

Sitio: Facultad de Ecología y Recursos Naturales de la Universidad Andrés Bello.

Además, se realizó una capacitación sobre bioseguridad y especies de anfibios a los trabajadores del Departamento de Educación del Zoológico Metropolitano.

Otras de las actividades principales del proyecto, fueron dos campañas de limpieza en un arroyo aledaño a La Parva, donde se ha registrado la presencia de *Alsodes tumultuosus*, organizadas en conjunto con la Ilustre Municipalidad de Lo Barnechea. Estas actividades, en que participaron los investigadores, autoridades, ONGs, colegios, grupos de scouts y voluntarios, permitieron estrechar los vínculos entre los participantes y a su vez conocer, disfrutar y ayudar a cuidar el hábitat de los anfibios alto andinos.

Por último, entre el material de difusión generado durante el proyecto, se destaca una bolsa de género con diseño alusivo al proyecto, que fue entregada en la campaña de limpieza de La Parva, un pendón y un políptico con fotografías e información de los anfibios de la zona central de Chile.





Instalación de la estación biológica. Enero 2017. Fotografía: Andrés Charrier.



Jornada de limpieza estero Manzanito de La Parva 2015. Fotografía: Andrés Charrier.

## Estación biológica o estación de monitoreo, centro de educación ambiental

La estación biológica instalada en La Parva, cerca de Farellones, consiste en un contenedor de carga (6 m x 2 m) reforzado y acondicionado para el clima de alta montaña y soportar los metros de nieve que caen en la zona todos los años.

En su interior presenta las condiciones necesarias para alojar varias personas y preparar alimentos. Además, contiene un mesón de trabajo y libros de diversos temas de investigación que pueden ser consultados por los alumnos de la escuela de Farellones.

El objetivo de la estación es que sea un punto de encuentro para organizar campañas de limpieza, talleres y charlas para estudiantes de colegios y poder entregar el material de difusión que se generó en el transcurso del proyecto (políptico, bolsas de género, el presente libro).

Esta estación de será el primer centro de conservación de anfibios de Chile ubicado en Los Andes y en el futuro podría constituir la semilla de un centro de investigación de estudios alto andinos de la Región Metropolitana, esperamos poder lograr alianzas con otros investigadores de otras universidades y que el contenedor pueda ser usado como base para otros estudios en la zona de flora, aves rapaces, meteorología, cambio climático, mamíferos, etc..



Escanea este código QR con tu smartphone para ver el video de la instalación de la estación biológica.  
URL: <https://vimeo.com/203173428>  
Video: Natalie Pozo.

*Ectinopogonia speciosa*. Fotografía: Guillermo Arenas.  
Fotografía fondo: Romina Triviño.

## Conclusiones

A partir del Simposio “Declinación global de Anfibios: el caso de rana de Darwin en Chile”, realizado en 2008 en conjunto por el Instituto de Ecología y Biodiversidad y el Centro de Estudios Avanzados en Ecología y Biodiversidad, ha existido un creciente interés por la conservación de anfibios en Chile. Es así como en años posteriores se han realizado una serie de reuniones, talleres y cursos enfocados en la conservación de estos organismos, en que han participado especialistas, organizaciones ciudadanas y organismos del Estado.


Sin embargo, hasta ahora se han desarrollado pocos proyectos de anfibios (y herpetozoos en general) en Chile en que se hayan tomado medidas efectivas de conservación. Entre ellos se pueden mencionar los proyectos de cría ex situ de la ranita de Darwin (*Rhinoderma darwinii*) (Zoológico Nacional y Universidad de Concepción) y la rana chilena (*Calyptocephalella gayi*) (Universidad Santo Tomás), y el proyecto de conservación in situ de la ranita de Darwin en Huilo-Huilo, en cooperación con la Universidad Andrés Bello.

El presente proyecto ha pretendido de algún modo “descentralizar” el interés

y los esfuerzos de conservación que se han concentrado en especies emblemáticas y carismáticas como *Rhinoderma darwinii*, y ampliarlos hacia otras especies menos conocidas y de menor atractivo como los *Alsodes* de la cordillera de Los Andes, los cuales pueden encontrarse a solo 37 km de distancia de la ciudad más poblada de Chile, Santiago.

Antes de empezar esta investigación (año 2013) *A. tumultuosus* solo se conocía en la zona de Farellones y La Parva (Región Metropolitana). Gracias a los descubrimientos realizados en estos años, y en el marco de esta investigación, hoy sabemos además que *A. montanus* y *A. tumultuosus* tienen rangos de distribución mucho mayores, extendiéndose hacia el sur hasta la Reserva Alto Huemul, cerca de Sierras de Bellavista (Región de O’Higgins). Sin embargo, es posible que la extensión de la presencia de ambas especies estimadas por la IUCN, 6343 km<sup>2</sup> en el caso de *A. tumultuosus* y 5252 km<sup>2</sup> en el caso de *A. montanus*, sea mucho menor ya que estos animales viven estrechamente asociados a los arroyos y no se alejan mucho de ellos. Además, las localidades que se conocen se encuentran sumamente alejadas entre





ellas, por lo que se deberían realizar futuras reuniones de expertos para reevaluar la magnitud de la extensión de la presencia de ambas especies.

Nuestros datos del monitoreo del arroyo de La Parva muestran que la población de *A. tumultuosus* se ha mantenido relativamente estable durante los tres años de observación. Sin embargo, la población de *A. montanus* casi ha desaparecido de la zona en los últimos 35 años. De hecho, los pocos individuos de *A. montanus* 3 observados durante el periodo 2014-2016 se encontraron bajo los 2600m, en pozones más profundos que los presentes sobre esa altura.

Sin embargo, nuestros datos no nos permiten identificar cuál es la razón de esta declinación poblacional en la zona. Como se mostró en capítulos previos, en el arroyo monitoreado existen fuertes presiones por parte del centro de ski de La Parva por el recurso hídrico, que se extrae de forma masiva en la época de mayor actividad reproductiva de ambas especies. La extracción de agua es tan intensa, que parte del arroyo se seca en verano-otoño, interrumpiendo completamente su flujo justo debajo de la toma de agua principal.

Es probable que *A. montanus*, que es una especie más acuática, haya sobrevivido solo en la parte más baja del arroyo donde el agua aparentemente fluye durante toda la temporada de primavera y verano. A pesar de que en la zona se observan fuertes señales de intervención humana, solo un monitoreo a largo plazo nos permitiría explicar la importante declinación de esta especie.

*Alsodes tumultuosus* y *A. montanus* son especies que se han adaptado a la vida en arroyos cordilleranos, donde se enfrentan a menores concentraciones de oxígeno debido a la altura y a los permanente cambios de temperatura producto del clima extremo de la cordillera. Además, sus periodos de actividad, incluyendo la reproducción, deben restringirse a la época más favorable del año, ya que todo el ecosistema donde viven se cubre completamente de nieve en invierno por al menos 4 ó 5 meses. Estas características les permiten sobrevivir en esos ambientes extremos, pero a su vez los hacen más sensibles a modificaciones de sus hábitats debido a las actividades humanas o al cambio climático.



Presión inmobiliaria en La Parva.



Piscina de acopio de agua para nieve artificial y consumo.



Desde la derecha hacia arriba, parte del arrollo que se seca por completo debido a la extracción en temporada verano-otoño.



Planta de tratamiento de agua.

Por estas razones, los monitoreos futuros se deberían complementar con estudios ecofisiológicos para determinar la tolerancia de estos organismos a las variaciones climáticas propias de la cordillera de los Andes y una caracterización más completa del microhábitat de ambas especies. Por otro lado, la implantación de nano chips en los adultos nos permitirá conocer las dinámicas poblacionales y obtener datos acerca de la sobrevivencia de estas especies a inviernos más duros, aluviones, sequías u otras catástrofes naturales. Este tipo de técnica nos permitirá, además, medir los desplazamientos de cada ejemplar, con lo cual se pueden estimar las capacidades de dispersión de estas especies. Toda esta información es relevante para evaluar posibles efectos del cambio climático, ya que, por ejemplo, el cambio en las temperaturas y la ausencia de nieve en la zona podrían afectar los hábitats y las poblaciones de *Alsodes* de la zona.

Creemos y esperamos que este proyecto de conservación de Anfibios alto andinos de la Región Metropolitana constituya un estímulo para proponer otros sitios de monitoreo a largo plazo en lugares con especies sensibles y/o en peligro crítico

(e.g. Altiplano, Cordillera de Nahuelbuta, Mehuín, Chiloé, Patagonia) y en el largo plazo poder lograr una red de sitios de estudio a largo plazo para conocer las dinámicas poblacionales de estas especies y cuáles son sus respuestas al cambio climático y a los efectos antrópicos. Este tipo de estudios nos servirían para detectar cambios en los hábitats y declinaciones tempranas de las especies.

La gran heterogeneidad ambiental y geográfica de Chile representa un desafío para el diseño e implementación de acciones de conservación para cada especie en cada lugar. Por ejemplo, las condiciones ambientales y los problemas que enfrentan los anfibios en el altiplano no son los mismos que tienen los *Alsodes* en la zona central y, a su vez, los problemas de estos son muy diferentes a los de los anfibios de Nahuelbuta. Para cada una de estas especies se debe generar una estrategia de conservación a escala local que involucre a las comunidades aledañas a donde habitan. Sin embargo, es importante que las decisiones también se tomen en conjunto con los investigadores que están trabajando con dichas especies, los dueños de sitios donde las especies habitan, los empresarios

que tienen intereses en dichos lugares y los respectivos organismos gubernamentales.

En síntesis, gracias a este estudio hemos podido acrecentar nuestro conocimiento de la biología de las dos especies de *Alsodes*, en aspectos como su ovipostura, el canto, época reproductiva y los efectos que las modificaciones antrópicas han producido en las poblaciones de anfibios de La Parva. En este contexto, las conclusiones más importantes del proyecto son:

1.- Las modificaciones humanas en el arroyo del monitoreo (tomas de agua, desvíos de agua, caminos que lo atraviesan, remociones de tierra) aparentemente han afectado la abundancia y reproducción de ambas especies, como se puede inferir al comparar el número de adultos y larvas observados en los monitoreos con los datos de Díaz & Valencia (1985).

2.- Los monitoreos nos permitieron constatar que una de las especies, *A. montanus*, no está presente actualmente en la parte alta del sitio de estudio (donde había sido reportada por Díaz & Valencia 1985), lo cual sugiere que las modificaciones antrópicas afectan en mayor grado a esta especie.

Finalmente, proponemos una serie de medidas a mediano y largo plazo para la conservación de los anfibios de La Parva:

- ◇ Implementar en la zona un sitio de estudio a largo plazo que permita estudiar las variaciones demográficas de las poblacionales de anfibios y entender procesos ecológicos complejos en ambientes alto andinos.
- ◇ Establecer una estrategia local de conservación de anfibios que involucre a los centros urbanos y de recreación de la zona (Farellones, La Parva, El Colorado y Valle Nevado).
- ◇ Regular la extracción de agua por parte de los centros de esquí en el periodo primavera-verano, época en que los anfibios se reproducen en esa zona.
- ◇ Modificar el plan regulador y de planificación urbana de los centros de esquí de la comuna de Lo Barnechea considerando los requerimientos de hábitat de las especies aquí estudiadas.
- ◇ Incorporar a los proyectos inmobiliarios de gran y mediana escala al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para salvaguardar la integridad de las poblaciones de anfibios en peligro de

la zona y de las cuencas hidrográficas aledañas.

- ◇ Promover el trabajo en conjunto entre investigadores, empresas mineras, empresarios del turismo, organizaciones de conservación y organismos de estado (MMA, CONAF, SAG, Municipalidad, DGA) para proteger a los anfibios y otras especies que comparten sus hábitats en Los Andes de Chile central.



Escanea este código QR con tu smartphone para ver un video del ecosistema de La Parva.  
URL: <https://vimeo.com/207345839>  
Video: Andrés Charrier.

Abajo, Basura y escombros estero Manzanito sector La Parva, abril de 2015.  
Derecha, jornada de limpieza del estero noviembre de 2016  
Fotografías: Andrés Charrier.





## Referencias bibliográficas

- AHOLA M, M NORDSTRÖM, P BANKS, N LAANETU & E KORPIMÄKI (2006)** Alien mink predation induces prolonged declines in archipelago amphibians. *Proceedings of the Royal Society B* 273: 1261-1265.
- ARAÚJO MB, W THUILLER & RG PEARSON (2006)** Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33: 1712-1728.
- ARAYA S & E RIVEROS (2008)** Ampliación del rango de distribución geográfica de *Alsodes montanus* (Amphibia, Leptodactylidae) a la Región de O'Higgins. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 57: 117-123.
- ARMESTO JJ (1990)** Estudios a largo plazo: Una prioridad para la investigación ecológica de hoy. *Revista Chilena de Historia Natural* 63: 7-9.
- ARMESTO JJ, M NÚÑEZ-ÁVILA, P DONOSO & R ROZZI (2014)** Introducción a la Sección Especial de *Revista Bosque*. Avances de una red de sitios de estudios ecológicos a largo plazo en el suroeste de Sudamérica. *Bosque* 35(3): 413-414.
- BEEBEE T & R GRIFFITHS (2005)** The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? *Biological Conservation* 125: 271-285.
- BLOTTO BL, JJ NUÑEZ, NG BASSO, CA ÚBEDA, WC WHEELER & J FAIVOVICH (2013)** Phylogenetic relationships of a Patagonian frog radiation, the *Alsodes* + *Eupsophus* clade (Anura: Alsodidae), with comments on the supposed paraphyly of *Eupsophus*. *Cladistics* 29: 113-131.
- BOSCH J (2003)** Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes. *Munibe* 16: 56-73.
- BOURKE J, K BUSSE & W BÖHME (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(1): 99-106.
- BUSSE K (1980)** Zur morphologie und biologie von *Telmatobius montanus* Lataste 1902, nebst beschreibung seiner larve (Amphibia: Leptodactylidae). *Amphibia-Reptilia* 1(2): 113-125.
- CAREY C & M ALEXANDER (2003)** Climate change and amphibian declines: is there a link? *Diversity and Distributions* 9: 111-121.
- CATENAZZIA (2015)** State of the World's Amphibians. *Annual Review of Environment and Resources* 40: 91-119.
- CEI JM (1962)** *Batracios de Chile*. Ediciones Universidad de Chile, Santiago, Chile. 128 pp.





- CHARRIER A, C CORREA, C CASTRO & MA MÉNDEZ (2015)** A new species of *Alsodes* (Anura: Alsodidae) from Altos de Cantillana, central Chile. *Zootaxa* 3915(4): 540–550.
- CORBALÁN V, G DEBANDI & F MARTÍNEZ (2010)** *Alsodes pehuenche* (Anura: Cycloramphidae): Past, present and future. *Cuadernos de Herpetología* 24(1): 17–23.
- CORBALÁN V, G DEBANDI, F MARTÍNEZ & C ÚBEDA (2014)** Prolonged larval development in the critically endangered Pehuenche's Frog *Alsodes pehuenche*: implications for conservation. *Amphibia-Reptilia* 35(3): 283–292.
- CORREA C, JP DONOSO & JC ORTIZ (2016)** Estado de conocimiento y conservación de los anfibios de Chile: una síntesis de los últimos 10 años de investigación. *Gayana* 80(1): 103–124.
- CORREA C, J NÚÑEZ & MA MÉNDEZ (2008)** Relaciones filogenéticas de anfibios. En: Vidal MA & A Labra (Eds) *Herpetología de Chile*: 107–135. Science Verlag, Santiago, Chile.
- CORREA C, L PASTENES, P ITURRA, P CALDERÓN, D VÁSQUEZ, N LAM, H SALINAS & MA MÉNDEZ (2013)** Confirmation of the presence of *Alsodes pehuenche* Cei, 1976 (Anura, Alsodidae) in Chile: morphological, chromosomal and molecular evidence. *Gayana* 77: 125–131.
- CORREA C, A VELOSO, P ITURRA & MA MÉNDEZ (2006)** Phylogenetic relationships of Chilean leptodactylids: a molecular approach based on mitochondrial genes 12S and 16S. *Revista Chilena de Historia Natural* 79(4): 435–450.
- CUEVAS CC (2014)** Native forest loss impact's on anuran diversity: with focus on *Rhinoderma rufum* (Philippi 1902) (Rhinodermatidae) in Coastal Range, South-Central Chile. *Gestión Ambiental* 27: 1–18.
- CUEVAS CC & JR FORMAS (2001)** A new species of *Alsodes* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) from Central Chile. *Amphibia-Reptilia* 22: 187–198.
- CUEVAS CC & JR FORMAS (2003)** Cytogenetic analysis of four species of the genus *Alsodes* (Anura: Leptodactylidae) with comments about the karyological evolution of the genus. *Hereditas* 138(2): 138–147.
- DÍAZ NF & J VALENCIA (1985)** Microhabitat use by two leptodactylid frogs in the Andes of central Chile. *Oecologia* 66(3): 353–357.
- EICHEVERRÍA C, A NEWTON, A BENAYAS & DA COOMES (2007)** Impacts of forest fragmentation on species composition and forest structure in the temperate landscape of southern Chile. *Global Ecology and Biogeography* 16: 426–439.

- FORMAS JR (1979)** La herpetofauna de los bosques temperados de Sudamérica. En: Duellman WE (Ed) The South American herpetofauna: 341-379. Monograph 7, Museum of Natural History, University of Kansas, Lawrence, Kansas.
- FORMAS JR, A VELOSO & JC ORTIZ (2005)** Sinopsis de los *Telmatobius* de Chile. Monografías de Herpetología 7: 103-114.
- FORMAS JR, C ÚBEDA, C CUEVAS & J NUÑEZ (1997)** *Alsodes australis*, a new species of leptodactylid frog from the temperate *Nothofagus* forest of Southern Chile and Argentina. Studies on Neotropical Fauna and Environment 32: 200-211.
- FROST DR (2016)** Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (12 de mayo de 2016). Accesible en: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- FROST DR, T GRANT, J FAIVOVICH, RH BAIN, A HAAS, CFB HADDAD, RO DE SÁ, A CHANNING, M WILKINSON, SC DONNELLAN, CJ RAXWORTHY, JA CAMPBELL, BL BLOTTO, P MOLER, RC DREWES, RA NUSSBAUM, JD LYNCH, DM GREEN & WC WHEELER (2006)** The Amphibian Tree of Life. Bulletin of the American Museum of Natural History 297: 1-370.
- GALLANT A, R KLAVER, G CASPER & M LANNOO (2007)** Global rates of habitat loss and implications for amphibian conservation. Copeia 4: 967-979.
- GARÍN CF & GA LOBOS (2008)** Generalidades sobre anfibios y reptiles. En: Vidal MA & A Labra (Eds) Herpetología de Chile: 51-75. Science Verlag, Santiago, Chile.
- GASCON C, JP COLLINS, RD MOORE, DR CHURCH, JE MCKAY & JR MENDELSON III (Eds) (2007)** Amphibian Conservation Action Plan. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 64 pp.
- GAXIOLA A, JL CELIS-DIEZ, R ROZZI & J GUTIÉRREZ (2014)** Long term socio-ecological research of the three LTSER-Chile founder sites: challenges and opportunities for future research. Bosque 35(3): 421-428.
- GILLESPIE G (2001)** The role of introduced trout in the decline of the spotted tree frog (*Litoria spenceri*) in south-eastern Australia. Biological Conservation 100: 187-198.
- GRANT EHC, DAVID A. W. MILLER, BENEDIKT R. SCHMIDT, MICHAEL J. ADAMS, STACI M. AMBURGEY, THIERRY CHAMBERT, SAM S. CRUICKSHANK, ROBERT N. FISHER, DAVID M.**

- GREEN, BLAKE R. HOSSACK, PIETER T. J. JOHNSON, MAXWELL B. JOSEPH, TRACY A. G. RITTENHOUSE, MAUREEN E. RYAN, J. HARDIN WADDLE, SUSAN C. WALLS, LARISSA L. BAILEY, GARY M. FELLERS, THOMAS A. GORMAN, ANDREW M. RAY, DAVID S. PILLIOD, STEVEN J. PRICE, DANIEL SAENZ, WALT SADINSKI & ERIN MUTHS (2016)** Quantitative evidence for the effects of multiple drivers on continental-scale amphibian declines. *Scientific Reports* 6: 25625.
- GRAY M, D MILLER & J HOVERMAN (2009)** Ecology and pathology of amphibian ranaviruses. *Diseases of Aquatic Organisms* 87: 243-266.
- GREER AL, M BERRIL & PJ WILSON (2005)** Five amphibian mortality events associated with ranavirus infection in south central Ontario, Canada. *Diseases of Aquatic Organisms* 67: 9-14.
- GRIFFITHS R & L PAVAJEAU (2008)** Captive breeding, reintroduction, and the conservation of amphibians. *Conservation Biology* 22: 852-861.
- HERMOSILLA I & P ACUÑA (2004)** Crianza en cautividad de la rana grande chilena *Caudiverbera caudiverbera* (Linnaeus, 1758). En: Iriarte A, C Tala, B González, B Zapata, G González & M Maino (eds): *Cría en cautividad de fauna chilena: 105-122*. Servicio Agrícola Ganadero/Parque Metropolitano, Zoológico Nacional/Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- HOF C, MB ARAÚJO, W JETZ & C RAHBEK (2011)** Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global amphibian diversity. *Nature* 480: 516-9.
- HORTA-PIZARRO I, MF SOFFIA, M MORA, A AGUILAR, P LOBOS & C VALDOVINOS (2014)** Antecedentes preliminares del estudio de la batracofauna en la RN Río de Los Cipreses y el Alto Cachapoal, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. *Biodiversidad* 2: 117-119.
- HOULAHAN JE, CS FINDLAY, BR SCHMIDT, AH MEYER & SL KUZMIN (2000)** Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* 404: 752-755.
- HUSSAIN QA & AK PANDIT (2012)** Global amphibian declines: A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation* 4(10): 348-357.
- IBARRA-VIDAL H (1989)** Impacto de las actividades humanas sobre la herpetofauna en Chile. *Comunicaciones del Museo Regional de Concepción* 3: 33-39.

- IRARRÁZAVAL V, R SILLITOE, A WILSON, J TORO & G LYALL (2010)** Discovery history of a giant, high grade, hypogene porphyry copper-molibdenum deposit at Los Sulfatos, Los Bronces-Río Blanco district, central Chile. Society of Economic Geologists, Special Publication 15: 253-269.
- IUCN (2016)** The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-1.<<http://www.iucnredlist.org>> Accesado el 3 de agosto de 2016.
- JORQUERA B, E PUGÍN, O GARRIDO, O GOICOECHEA & R FORMAS (1981)** Procedimiento de desarrollo en dos especies del género *Rhinoderma*. Medio Ambiente 5(1-2): 58-71.
- KATS LB & RP FERRER (2003)** Alien predators and amphibian declines: review of two decades of science and the transition to conservation. Diversity and Distributions 9(2): 99-110.
- LIKENS G & D LINDENMAYER (2011)** A strategic plan for an Australian long-term environmental monitoring network. Austral Ecology 36: 1-8.
- LOBOS G & FM JAKSIC (2005)** The ongoing invasion of African clawed frogs (*Xenopus laevis*) in Chile: causes of concern. Biodiversity and Conservation 14: 429-439.
- LOBOS G, M VIDAL, C CORREA, A LABRA, H DÍAZ-PÁEZ, A CHARRIER, F RABANAL, S DÍAZ & C TALA (Eds) (2013)** Anfibios de Chile, un desafío para la conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología, Santiago, Chile. 104 pp.
- LYNCH JD (1978)** A re-assessment of the telmatobline leptodactylid frogs of Patagonia. Occasional Papers of the Museum of Natural History, The University of Kansas 72: 1-57.
- MAZZONI R, J ALBENONES, FL FLEURY, MW DIEDERICHSEN DE BRITO, IA NUNES, J ROBERT, H MORALES, AS GUEDES COELHO, DL BARTHASSON, L GALLI & MHB CATROXO (2009)** Mass mortality associated with a frog virus 3-like Ranavirus infection in farmed tadpoles *Rana catesbeiana* from Brazil. Diseases of Aquatic Organisms 86: 181-191.
- MCMENAMIN S, E HADLEY & C WRIGHT (2008)** Climatic change and wetland desiccation cause amphibian decline in Yellowstone National Park. Proceedings of the National Academy of Sciences 105: 16988-16993.
- MEASEY GJ, D RÖDDER, SL GREEN, R KOBAYASHI, F LILLO, G LOBOS, R REBELO & J-M THIRION (2012)** Ongoing invasions of the African clawed frog, *Xenopus laevis*: a global review. Biological Invasions 14(11): 2255-2270.

- MORA M, I HORTA, F SOFFIA, A CHARRIER, E PALMA & C CORREA (2015)** Estudios para la conservación de los anfibios alto andinos de Chile central. *Boletín Chileno de Herpetología* 2: 8-11.
- MUZZOPAPPA P & AM BÁEZ (2009)** Systematic status of the mid-Tertiary neobatrachian frog *Calyptocephalella canqueli* from Patagonia (Argentina), with comments on the evolution of the genus. *Ameghiniana* 46(1): 113-125.
- NICOLI L (2012)** On the Putative Presence of *Eupsophus* (Anura: Cycloramphidae) In Central Patagonia During the Oligocene. *Herpetologica* 68(2): 236-243.
- ORTIZ JC (2015)** Anfibios de las turberas del extremo austral de Chile. En: Domínguez E & D Vega-Valdés (Eds) *Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes*: 229-240. Colección de libros INIA N° 33, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Kampenaike, Punta Arenas, Chile.
- ORTIZ JC & H HEATWOLE (2010)** Status of Conservation and Decline of the Amphibians of Chile. En: Heatwole H & CL Barrio-Amorós (eds) *Amphibian Biology, Volume 9: Status of decline, Western Hemisphere. Part I: Paraguay, Chile and Argentina*: 20-29. Surrey Beatty & Sons Pty Ltd, Chipping Norton, Australia.
- ORTON GL (1953)** The systematics of vertebrate larvae. *Systematic Zoology* 2: 63-75.
- OTERO RA, P JIMENEZ-HUIDOBRO, S SOTO-ACUÑA & RE YURY-YÁÑEZ (2014)** Evidence of a giant helmeted frog (Australobatrachia, Calyptocephalellidae) from Eocene levels of the Magallanes Basin, southernmost Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 55: 133-140.
- PENNA M & H DÍAZ-PÁEZ (2008)** Comunicación acústica en anfibios. En: Vidal MA & A Labra (Eds) *Herpetología de Chile*: 517-545. Science Verlag, Santiago, Chile.
- PENNA MV & AM VELOSO (1981)** Acoustical signals related to reproduction in the spinulosus species group of *Bufo* (Amphibia, Bufonidae). *Canadian Journal of Zoology* 59(1): 54-60.
- PENNA M & A VELOSO (1990)** Vocal diversity in frogs of the South American temperate forest. *Journal of Herpetology* 24(1): 23-33.
- PIOTROWSKI JS, S ANNIS & J LONGCORE (2004)** Physiology of *Batrachochytrium dendrobatidis*, a Chytrid Pathogen of Amphibians. *Mycologia* 96: 9-15.
- POUGH FH, RM ANDREWS, JE CADLE, ML CRUMP, AH SAVITZKY & KD WELLS (2004)** *Herpetology*. Third Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

- PRAMUK J, T ROBERTSON, JW SITES JR & BP NOONAN (2008)** Around the world in 10 million years: biogeography of the nearly Cosmopolitan true toads (Anura: Bufonidae). *Global Ecology and Biogeography* 17(1): 72–83.
- PYRON RA & JJ WIENS (2011)** A large-scale phylogeny of Amphibia with over 2,800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 61(2): 543–583.
- RICKETTS T & M IMHOFF (2003)** Biodiversity, urban areas, and agriculture: locating priority ecoregions for conservation. *Conservation Ecology* 8(2): 1.
- ROWLEY J, R BROWN, R BAIN, M KUSRINI, R INGER, B STUART, G WOGAN, N THY, T CHAN-ARD, CT TRUNG, A DIEMOS, DT ISKANDAR, M LAU, LT MING, S MAKCHAI, NQ TRUONG & S PHIMMACHAK (2010)** Impending conservation crisis for Southeast Asian amphibians. *Biology Letters* 6: 336–338.
- SANTIBÁÑEZ F, P ROA & P SANTIBÁÑEZ (2008)** El medio físico. En: *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos*: 25–51. CONAMA.
- SKERRATT L, L BERGER, R SPEARE, S CASHINS, KR MCDONALD, AD PHILLOT, HB HINES & N KENYON (2007)** Spread of Chytridiomycosis Has Caused the Rapid Global Decline and Extinction of Frogs. *EcoHealth* 4: 125.
- SOLÍS R, G LOBOS, S WALKER, M FISHER & J BOSCH (2010)** Presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in feral populations of *Xenopus laevis* in Chile. *Biological Invasions* 12: 1641–1646.
- SOTO ER, M SALLABERRY, J NÚÑEZ & MA MÉNDEZ (2008)** Desarrollo larvario y estrategias reproductivas en anfibios. En: Vidal MA & A Labra (Eds) *Herpetología de Chile*: 333–357. Science Verlag, Santiago, Chile.
- SOTO-AZAT C, A VALENZUELA-SÁNCHEZ, B COLLEN, M ROWCLIFFE, A VELOSO & A CUNNINGHAM (2013)** The population decline and extinction of Darwin's frog. *PLoS ONE* 8(6): e66957.
- STUART SN, M HOFFMANN, JS CHANSON, NA COX, RJ BERRIDGE, P RAMANI & BE YOUNG (Eds) (2008)** *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Edicions, Barcelona, Spain; IUCN, Gland, Switzerland; and Conservation International, Arlington, Virginia, USA. 758 pp.

- ÚBEDA CA & JJ NÚÑEZ (2006)** New parental care behaviours in two telmatobiine genera from temperate Patagonian forests: *Batrachyla* and *Eupsophus* (Anura: Leptodactylidae). *Amphibia-Reptilia* 27(3): 441-444
- VÉLEZ-R CM (2014)** Manejo en Cautiverio de la Rana Grande Chilena *Calyptocephalella gayi* (Duméril and Bibron, 1841). Ediciones Universidad Santo Tomás, Santiago, Chile. 191 pp.
- VELOSO A, P ITURRA & R GALLEGUILLOS (1979)** Evidencias cromosómicas en el género *Alsodes* (Amphibia-Leptodactylidae) con la descripción de una nueva especie. *Physis* 38(94): 91-98.
- WALTHER GR, E POST, P CONVEY, A MENZEL, C PARMESAN, T BEEBEE, JM FROMENTIN, O HOEGH-GULDBER & F BAIRLEIN (2002)** Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.
- WIENS JJ (1993)** Systematics of the leptodactylid frog genus *Telmatobius* in the Andes of Northern Peru. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, The University of Kansas* 162: 1-76.
- WWF (2014)** Living Planet Report 2014: species and spaces, people and places. McLellan, R, L Iyengar, B Jeffries & N Oerlemans (eds). WWF, Gland, Switzerland.







# Instituciones asociadas y su importancia en el marco del proyecto



## Centro de ski El Colorado

El sitio de estudio se encuentra en las cercanías de los centros de esquí de La Parva, Farellones y El Colorado, los que durante el invierno son utilizados por miles de visitantes por lo que es fundamental realizar difusión acerca del proyecto y los anfibios que habitan en el sector. De esta forma, se podría generar respeto y valor por la naturaleza y lograr disminuir la cantidad de basura generada y/o desechada en el lugar. Por otra parte, es importante integrar a todos los participantes de las actividades que se realizan en la Cordillera de Los Andes y trabajar junto a las empresas privadas para prevenir que sus actividades generen daños al hábitat de los anfibios.



## Ilustre Municipalidad de Lo Barnechea

Otro actor relevante en este proyecto es la Ilustre Municipalidad de Lo Barnechea, quienes apoyaron arduamente para organizar y colaborar con la campaña de limpieza.



INSTITUTO DE  
ECOLOGÍA Y  
BIODIVERSIDAD

## Instituto de Ecología y Biodiversidad

Esta institución colaboró con su amplia experiencia en proyectos de conservación, monitoreos a largo plazo, restauración ecológica y educación ambiental.



## Colegio de Farellones

El colegio de Farellones es el único colegio con certificación ambiental ubicado en la zona de estudio y cuenta con 80 alumnos que viven en la zona de los contrafuertes cordilleranos de la Región Metropolitana. Los alumnos de este colegio serán las semillas para la conservación de los anfibios de la zona.



Los Ecosistemas alto andinos de la Región Metropolitana son hábitat de dos especies de anfibios endémicos de Chile *Alsodes tumultuosus* y *Alsodes montanus*, en peligro crítico de conservación. La supervivencia de estas especies depende sólo de nosotros.

Este libro es parte de un proyecto de investigación y conservación de anfibios alto andinos de la Región Metropolitana de la **Pontificia Universidad Católica de Chile**, financiado por el **Fondo de Protección Ambiental** del **Ministerio del Medio Ambiente**, cuyo objetivo es dar a conocer la importancia y valor de los anfibios de la zona central de Chile como parte de nuestro patrimonio natural.

[www.fpa.mma.gob.cl](http://www.fpa.mma.gob.cl)

Financia:



Organismo Ejecutor:



Organismos Asociados:



Colaboran:



**Centro UC**  
CAPES - Center of Applied  
Ecology & Sustainability



VIDA NATIVA  
Instituto de Conservación  
de Vida Silvestre