ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN EN LOS *TELMATOBIUS* ALTOANDINOS DE CHILE; EL CASO DE LA RANITA DEL LOA

Gabriel Lobos V & Osvaldo Rojas M

Financia

CODELCO

Organismo ejecutor

MUSEO DE HISTORIA NATURAL Y CULTURAL DEL DESIERTO DE ATACAMA

Organismos asociados

MUNICIPALIDAD DE CALAMA · TIERRA DE SOL Y COBRE

CORPORACIÓN DE CULTURA Y TURISMO CALAMA

ECOdiversidad CONSULTORES

Centro de Gestión Ambienta y Biodiversidad

Ministerio del Medio Ambiente

Gobierno de Chile

Tal como sabemos, la situación en que se encontraba la “Ranita del Loa” era de vulnerabilidad. Por eso, como Codelco no dudamos en participar de esta alianza colaborativa, que nos une para proteger y promover este verdadero regalo de la naturaleza.

Hoy su nombre ha dado la vuelta al mundo, convirtiéndose en una embajadora de nuestra tierra y su preservación es un motor que moviliza reflexión y compromiso.

Para Codelco, en base a su Política de Sustentabilidad y los desafíos permanentes de desarrollar acciones y promover el cuidado medioambiental, es muy importante contribuir a relevar el valor que la “Ranita del Loa” tiene para el entorno.

Como lo hemos dicho en ocasiones anteriores, esto lo hacemos con cariño y con un enorme compromiso por esta tierra que nos acoge y por este desierto maravilloso que nunca deja de deslumbrarnos.

Uno de nuestros Fondos Concursables Distritales, es la herramienta que nos permite apoyar este trabajo colaborativo de preservación. Siempre con una mirada educativa y resaltando la importancia de este anfibio y cómo la protegemos para preservarla.

Este proyecto está en línea con los valores de Codelco y por eso valoramos con mucha fuerza el interés y, más que eso, la pasión de quienes se comprometieron en desarrollar este importante documento que le dará a nuestra Ranita del Loa la importancia y la visibilidad que se merece. Así reforzamos nuestro compromiso con Calama, con la Provincia de El Loa y por supuesto con nuestra gente. Porque todas y todos amamos esta tierra generosa y cada uno de sus componentes que la hacen única y maravillosa.

Agradezco, en nombre de Codelco Distrito Norte y de todo su equipo de profesionales, este invaluable espacio de difusión que, sin lugar a dudas, se convertirá en un documento educativo muy importante para quienes queremos y respetamos esta bendita tierra loína.

Claudio Flores Álvarez
Gerente de Asuntos Comunitarios y Sustentabilidad
Codelco Distrito Norte

Proteger, resguardar y rescatar cada elemento que compone nuestro territorio es una de nuestras tareas fundamentales, y es que cada uno de estos componentes, son los que nos hacen únicos en el mundo. De allí que el trabajo que se gesta desde la Corporación de Cultura y Turismo de Calama, a través de su Área de Museos y Patrimonio, cobra una relevancia mayor, acciones que desde la mirada de especialistas, pero con el sentido humano y la visión local, han puesto importante énfasis en destacar nuestras mayores riquezas, propias y exclusivas de estas tierras emplazadas en el desierto más árido del mundo.

Es en este sentido, es que el rescate de la Ranita del Loa destaca como uno de los trabajos más importantes desarrollados en este período, dado que es una especie endémica de la zona y ante la alerta de que producto de la intervención humana la estábamos perdiendo, toda la responsabilidad por salvarla estaba en nuestras manos.

Fue así como distintas acciones, estudios, alianzas, y estrategias, debieron comenzar a gestarse, intervenciones de las cuales hoy estamos totalmente agradecidos y orgullosos, y no sólo de los profesionales de nuestra corporación que trabajaron arduamente en su rescate, sino también de otros especialistas, quienes pusieron compromiso y corazón, y nos encaminaron hacia lo que hoy vivimos, una exitosa recuperación de nuestras ranitas.

Hablamos además de un proceso que hoy en día nos ha puesto en la palestra de Chile y el mundo, porque lo realizado parecía casi imposible, pero lo logramos y sólo resta decir que desde esta Dirección Ejecutiva, y de todo el equipo que la compone, con total respeto y admiración, destacamos la labor que nuestra Área de Museos y Patrimonio ha realizado con estas ranitas, incluso nombradas Embajadoras de la Fauna Chilena, las que se han convertido además en un nuevo ícono para nuestra comuna y región.

Apelamos en este sentido a la responsabilidad del ser humano, para que esta, nunca más vuelva a verse en peligro.

Evelyn Pizarro Peña
Directora Ejecutiva de la Corporación de Cultura y Turismo de Calama

Queridas vecinas y vecinos, me es muy grato presentar ante ustedes este importante libro dedicado al estudio y preservación de la Ranita del Loa, especie endémica de nuestra provincia y que está en peligro de extinción por el poco cuidado y el uso indiscriminado de los recursos naturales. Sin embrago, como Municipalidad de Calama, en conjunto con nuestras Corporaciones, hemos realizado un plan de conservación para asegurar su existencia, el que se basó en el rescate, traslado e investigación de este anfibio. Además, realizamos alianzas y convenios con actores relevantes en este ámbito, como por ejemplo la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile.

Gracias a estas acciones y a la intervención oportuna de investigadores, hoy podemos contar con nuestra propia **Embajadora de la Fauna Chilena 2020**, un gran logro al que se le suma la mejora considerable en la salud de los ejemplares, los que prontamente podrán volver a reintroducirse en su hábitat natural.

En este sentido, es de suma importancia tomar conciencia del cuidado del medio ambiente, de nuestra fauna, realizar planes educativos efectivos, ya que el planeta nos ruega que detengamos el ritmo avasallador y nocivo que tenemos de relacionarnos con la naturaleza, incluso peligrando generaciones futuras.

Aún estamos a tiempo, y como autoridad seguiré trabajando hasta lograr la consideración correspondiente de nuestros recursos, por mi gente y por mi comuna.

Con afecto,

Daniel Agusto Pérez
Alcalde de Calama

Poner la ciencia en lengua diaria, he ahí un gran bien que pocos hacen.

José Martí

Agradecimientos

Primero que todo, agradecemos profundamente a todas aquellas personas anónimas que de una u otra forma, han contribuido a la conservación de la ranita del Loa. Agradecemos también, a las instituciones que han colaborado en el desarrollo de este trabajo, como los Fondos de Inversión Social de CODELCO Distrito Norte, la Corporación de Cultura y Turismo de Calama, a la Ilustre Municipalidad de Calama, el Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, Ecodiversidad Consultores, Dirección Regional de Gendarmería de Chile, Zoológico Nacional de Chile, Ministerio del Medio Ambiente de Chile y al Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama de Calama.

La conservación de la biodiversidad, no es posible sin el involucramiento de las comunidades que rodean estos espacios naturales, en este sentido, agradecemos el apoyo de la comunidad Chunchuri por su compromiso con este proyecto.

Agradecemos a las personas que han colaborado con diversas actividades de este proyecto; Nicolás Rebolledo, Gianina Tapia, Alejandra Alzamora, Jazmín Lobos, Yeri Luza, Faunánimo, Lorena Sánchez, Valeria Ochoa, Valeria Rojas. Y sin duda, a nuestras familias por la inmensa comprensión.

Índice

Capítulos introductorios

8 Prólogo: Reflexiones sobre los *Telmatobius* de Chile y la triste historia de la Ranita del Loa. Esteban Lavilla.

16 Los ambientes altoandinos del norte de Chile. Gabriel Lobos.

26 Desde los Andes, de leyendas y sapos. Osvaldo Rojas.

Capítulos de formación general

31 Generalidades de los Anfibios. Carlos Garín y Gabriel Lobos.

36 Adaptaciones de los anfibios a los ambientes de altura. Gabriel Lobos.

Capítulos del género *Telmatobius*

42 Sistemática del género *Telmatobius* en Chile. Paola A. Sáez, Marcos A. Méndez.

52 Antecedentes ecológicos del género *Telmatobius*. Gabriel Lobos.

62 Amenazas globales y locales en la conservación de los *Telmatobius* altoandinos de Chile. Gabriel Lobos.

73 Quitridiomicosis como amenaza a la conservación de *Telmatobius*. Claudio Azat

76 Especies de *Telmatobius* en Chile. Paola A. Sáez, Pablo Fibla, Gabriel Lobos.

Ficha técnica *Telmatobius marmoratus*

86 Ficha técnica *Telmatobius halli*

91 Ficha técnica *Telmatobius pafauri*

95 Ficha técnica *Telmatobius dankoi*

101 Ficha técnica *Telmatobius philippi*

106 Ficha técnica *Telmatobius fronteriensis*

110 Ficha técnica *Telmatobius vilamensis*

115 Ficha técnica *Telmatobius chusmisensis*

120 Ficha técnica *Telmatobius peruvianus*

Capítulos de Conservación: El caso de la ranita del Loa, *Telmatobius dankoi*

125 Rescate de *Telmatobius dankoi*, la ranita del Loa. Gabriel Lobos, Roberto Villablanca, Andrés Charrier, Hugo Salinas.

142 Conservación *ex situ* de *Telmatobius dankoi*. Osvaldo Cabeza, Loreto Peña, Sebastián Almarza, Andrea Caiozzi, Alejandra Montalba.

151 Acciones de educación ambiental; el caso de la ranita del Loa *Telmatobius dankoi*. Osvaldo Rojas, Gabriel Lobos.

160 Proyecciones futuras en la conservación de *Telmatobius dankoi*. Roberto Villablanca, Charif Tala, Sandra Díaz.

Prólogo

Reflexiones sobre los *Telmatobius* de Chile y la triste historia de la Ranita del Loa

Esteban Lavilla[1]

[1]Instituto de Herpetología de la Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

Hacia finales de marzo del año 1831, un todavía veinteañero Franz Meyen escribió en su diario que en las cercanías del caserío de Palca, sus colegas y él montaron campamento bajo una pared rocosa que, por pedacitos, les fue cayendo encima durante toda la noche. No obstante, el ruido de los cascajos no les impidió escuchar el croar de una rana, a la que pudieron capturar y fue descripta posteriormente como *Telmatobius peruvianus*[1]. Esta información, aparentemente fútil o meramente anecdótica, nos invita a replantearnos un par de cosas; una de ellas, que hasta no hace mucho tiempo, y con contadísimas excepciones (por ejemplo Brunetti et al. 2017), considerábamos que los machos de *Telmatobius* eran mudos, cuando paradójicamente el primer individuo conocido de este género había sido localizado por su canto. La segunda, es la evidencia que desafiando la lógica simplona, algunos rincones del desierto más seco del mundo están colonizados por anfibios.

Cuando los herpetólogos hablamos de anfibios de Chile, apuntamos de inmediato al sur, a los sapos y las ranas de las selvas y bosques australes, alucinando con su diversidad, su increíble grado de endemismo, sus inéditos modos de reproducción y desarrollo o la belleza de sus formas. Históricamente, esto propició que muchos zoólogos despreciaran al norte… Es que

1 "…Unser Nachtlager schlugen wir in einer natürlichen Höhle des dicht daneben anstehenden Gesteines (*) auf; fast beständig fielen Gerölle von dem Abhange des steilen Berges, und es schien uns, als wären sie zuweilen, vielleicht durch leise Erdbeben, besonders häufig. Gegen Abend liess sich das Quaken eines Frosches (**) hören; wir gingen noch aus um ihn zu fangen, was auch alsbald gelang…" Los asteriscos pares remiten a (**) *Telmatobius peruvianus* nov. gen. T. III. Tab. LVI. Fig 2. (Meyen, 1834: 450). La localidad tipo fue fijada posteriormente en "Cordillera de Guatilla, near the town of Palca, two days journey east of Tacna, Chile (Meyen)" por Barbour & Noble (1920: 411) (Tacna: -18.01465, -70.25362; Palca: -17.77528,-69.96028), la que fuera corregida por Cei (1962) a "Cordillera de Guatilla, cerca de Palca, al este de Tacna, Perú".

aquello es un vasto desierto, argüimos, que ha servido para explotar el salitre, el cobre o el litio pero… ¿buscar anfibios? ¡Ni imaginarlo!

Tal prejuicio se refleja en la obra fundacional de la batracología chilena, el segundo volumen de la Historia Física y Política de Don Claudio Gay. Allí, Guichenot (1848) registró 16 especies para el país (más allá de su validez o no), de las cuales quince se distribuían en las provincias del centro o australes. Sólo un ambiguo "*Bufo chilensis*" era lo suficientemente ubicuo como para hallarse en casi todas las comarcas de Chile hasta el archipiélago de Chiloé, así como en Perú, Brasil y Buenos Aires, implicando a las claras que podría encontrarse en el desierto. Años más tarde, esto fue confirmado por Rudolfo Philippi (1860), quien trajinando Atacama, escribió que al amanecer del 22 de diciembre de 1854, en el agua de Panul, tropezó con una quebrada cerrada por paredes perpendiculares de donde gotea el agua, que corre después unos cien pasos antes de agotarse. Y allí, entre calceolarias y yerba buena, encontró caracoles y larvas de sapos…Han pasado casi 150 años de esta observación, y hoy no podríamos describir mejor a la mayoría de las aguadas en las que aún se obstinan los anfibios del desierto[2].

Como mucho en zoología, la historia de los *Telmatobius* en Chile se desarrolló azarosamente. Al comienzo, fueron estadounidenses quienes con diversas excusas exploraron el norte. Así, casi un siglo después de la descripción de aquel ejemplar coleccionado por Meyen (Wiegmann 1834), Karl Patterson Schmidt (1928) reportó a *Telmatobius peruvianus* en el caserío de Putre[3] , seguido diez años después por G.K. Noble (1938), quien describió al *T. halli*, la especie enfeudada en las aguas termales de algún lugar próximo a Ollagüe[4]. Dejando de lado a Philippi (1902), y su discutido par de especies, el primer chileno en abordar el género fue Don Luis Capurro (1953),

2 El "desierto" alberga a un par de especies de sapos del género *Rhinella* (*R. spinulosa* y en las áreas más bajas *R. atacamensis*), a una *Pleurodema* (*P. marmoratum*)y a nueve *Telmatobius*, que constituyen el objeto de este libro.

3 Los ejemplares estudiados por Schmidt fueron coleccionados por la expedición liderada por el Capitán Marshall Field III (nieto del mecenas cuyas contribuciones establecieron el Field Museum of Natural History de Chicao) durante 1922-1924; hoy la identidad de las poblaciones chilenas está puesta en dudas (i.a., Sáez et al., 2014).

4 El material estudiado por Noble fue coleccionado por la International High Altitude Expedition to Chile de 1935, liderada por David B. Dill y llevada a cabo con el propósito de estudiar aspectos fisiológicos de hombres y mujeres residentes permanentes en elevadas alturas. No registrada nuevamente luego de la colección de la serie tipo, la especie fue redescubierta hace no mucho por Fibla et al. (2018).

quien a mediados del siglo XX registró a *T. marmoratus*[5] en la Quebrada de Sacaya. Dos décadas después, Alberto Veloso será el primero en describir una especie válida del género; *Telmatobius pefauri* Veloso y Trueb (1976), dedicada a un colega que había tenido que dejar el país en los años oscuros. Fue conocida durante varias décadas por un único ejemplar coleccionado en un arroyito de Murmuntani[6]. La historia taxonómica reciente, concluye, cuando entre 1999 y 2006, Ramón Formas y colaboradores, se pusieron al hombro la tarea de prospectar el norte y en menos de una década, duplicaron el número de especies de *Telmatobius* conocidas para Chile (cronológicamente, *T. dankoi*, *T. fronteriensis*, *T. philippii*, *T. vilamensis* y *T. chusmisensis*) (Formas et al. 1999, 2003, 2006, Benavidez et al. 2002, Cuevas y Formas 2002). Desde 2006 a la fecha no se reportaron nuevos taxa, pero es dable esperar que esto se revierta cuando se profundicen las indagaciones sobre las poblaciones registradas en Ascotán, Quebrada Choja, Loanzana, Belén, Carcote, Quebrada Chijlla, Copaquire, Huasco, Isluga, Piga, Quebe y Quebrada Tana, por mencionar unas pocas, cuya información está a la mano (Sáez et al. 2014).

De las nueve especies chilenas de *Telmatobius*, siete son endémicas y tienen en común una distribución muy restringida, generalmente por arriba de los 3000 m s.n.m, hábitos marcadamente acuáticos en arroyos, aguas termales o humedales altoandinos, rodeados por ambientes desérticos, de gran insolación, marcada sequedad y frío atmosférico. Para nuestra preocupación, todas se encuentran bajo alguna categoría de amenaza, desde vulnerables a en peligro crítico, y todas muestran declinaciones poblacionales sostenidas, fruto de la acción de enfermedades emergentes, alteraciones irreversibles de hábitat y el uso irracional del agua. En este contexto desolador, la historia de *T. dankoi*, aquella ranita del Loa, es una parábola turbadora sobre el futuro de las ranas del desierto y, si sabemos decodificar el signo, sobre nuestro propio futuro como especie. Cuando fue descripta (Formas et al. 1999), se decía que habitaba en arroyos muy estrechos (12- 35 cm) y profundos (60 - 2000 cm) del paraje Las Cascadas, cercano a Calama, originados en el río Loa. Veinte años después, esas aguadas estaban secas, resultado de la sostenida conjunción de políticas desacertadas.

5 Descrito como Cystignathus por Duméril & Bibron en 1841, sobre la base de ejemplar coleccionado por el geógrafo Joseph Barclay Pentland mientras realizaba sus estudios en los alrededores del lago Titicaca.

6 Posteriormente, Fibla et al. (2017) describieron un topotipo hembra de esta especie, y consideraron a *Telmatobius zapahuirensis* Veloso, Sallaberry-Ayerza, Navarro, Iturra-Constant, Valencia, Penna, y Diaz, 1982, como su sinónimo más reciente.

Mientras Chile soporta la peor sequía en décadas, a la que algunos ven fundamentalmente como un riesgo financiero[7], el Código de Aguas del 13 de Agosto de 1981[8] , prevé que quien tiene la mayor capacidad de pago de derechos sobre este vital elemento, sea quien controle la cuenca[9]. Con este marco, los biólogos desesperamos al constatar cómo se sobreexplotan los acuíferos subterráneos, al tiempo que somos testigos impotentes del modo en que se desvían y mal utilizan los cursos superficiales, sin prever las consecuencias cauce abajo… Así, la sostenida angurria por el agua buscando favorecer intereses mezquinos, condujo al inexorable desastre. En efecto, un mal día, el agua simplemente desapareció y unas pocas ranas, sólo las más viejas, no huevos ni renacuajos, terminaron hacinadas en el fondo putrefacto de una poza.

La historia de la lucha contra reloj para salvar a los últimos representantes de esta especie, así como la suma de amenazas a las que están sometidos todos los *Telmatobius* en el norte seco, constituyen el objetivo de este libro. Cada capítulo está escrito por los protagonistas de la epopeya de la conservación de estas ranas andinas únicas, con el valor de ser registros de primera mano, además, de ofrecer muy buena ciencia. Por mi parte, sólo me queda apelar a la benevolencia de quienes lean este prólogo a fin de dedicar sus párrafos finales a ahondar sobre la parábola turbadora aludida un poco más arriba.

La conservación de los anfibios, y de la naturaleza en general, es una lucha asimétrica en todo sentido, y lo seguirá siendo, mientras nuestros países continúen desarrollando políticas y acciones dentro del paradigma neoliberal. Los ejemplos son cotidianos, pues, mientras los biólogos dejamos jirones tratando de proteger especies, taxocenosis o al ambiente, donde, a veces, pasamos más horas acunando a una población de ranas amenazadas, que con nuestros propios hijos, finalmente, son las leyes del mercado las que deciden el destino de la conservación. En este sentido, un claro ejemplo lo constituyen los tratados de libre comercio, de los que Chile mantiene vigentes una docena, donde algunos políticos y muchos

7 Como lo señalara Marcos Barrientos Dörner en su artículo "El impacto de la sequía en las acciones chilenas", publicado el 8 de octubre de 2019 (https://www.elmercurio.com/Inversiones/Noticias/Analisis/2019/10/08/El-impacto-de-la-sequia-en-las-acciones-chilenas.aspx).

8 https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605

9 Como lo señalara Rocío Montes en su artículo "Chile se enfrenta a la mayor sequía de su historia", publicado el 12 de octubre de 2019 (https://elpais.com/sociedad/2019/10/11/actualidad/1570808769_903888.html).

economistas presentan como éxitos de gestión. Es cierto que brindan réditos económicos, pero al mismo tiempo, implican una grave pérdida encubierta de soberanía y una tremenda amenaza para los recursos naturales. Es que si cualquier legislación local que preserve recursos genéticos, reservas de agua o ambientes naturales prístinos, se opone a los intereses de otro Estado signatario o a los de alguna multinacional, el diferendo será sometido a una solución de controversias entre inversionistas y Estados (ISDS, por sus siglas internacionales), lo que implica recurrir a tribunales extraterritoriales sobre los que los foráneos ejercerán presión a fin de eliminar las protecciones sociales y ambientales[10].

Hoy la ranita del Loa se quedó sin agua, y los últimos individuos de esta maravilla natural sobreviven en unos cuantos acuarios del zoológico de Santiago, gracias a los esfuerzos de una gran red de gente generosa. Esta crisis debería servirnos de alerta y llevar a toda la sociedad a replantearse varios aspectos; uno, es tener claro que las consecuencias de los daños causados al ambiente para el beneficio de pocos, las pagan muchos que no participan de esa bonanza. Otra, que la conservación de la naturaleza, no sólo implica proteger tal o cual especie, sino que, vela por la calidad de vida de los seres humanos al tiempo de mantener el equilibrio de los ambientes naturales. Y por último, que en algún momento deberíamos preguntarnos si cuando nuestra poza se seque, nuestros hijos podrán beber el dinero por el que tanto destruimos.

Esteban O. Lavilla [11]
Verano de 2020, en San Miguel de Tucumán, al otro lado de la cordillera, donde la obstinación con la estupidez también extingue *Telmatobius*…

10 http://isds-americalatina.org/
11 Unidad Ejecutora Lillo – Conicet-Fundación Miguel Lillo. Tucumán, argentina. eolavilla@gmail.com

Referencias

Barbour T, Noble GK. 1920. Some amphibians from northwestern Peru, with a revision of the genera Phyllobates and *Telmatobius*. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, LXIII (8): 395-427 + 3 lám.

Benavides E, Ortiz JC, Formas JR. 2002. A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica 58: 210–220.

Brunetti AE, Muñoz Saravia A, Barrionuevo JS, Reichle S. 2017. Silent sounds in the Andes: underwater vocalizations of three frog species with reduced tympanic middle ears (Anura: Telmatobiidae: *Telmatobius*). Canadian Journal of Zoology, 95: 335–343.

Capurro SL. 1953. *Telmatobius marmoratus* (Dum. y Bibr) nueva especie para Chile (Anura, Leptodactylidae). Investigaciones Zoológicas Chilenas, 2 (2): 19-22.

Cei JM. 1962. Batracios de Chile. Santiago. Ediciones de la Universidad de Chile. 1-128 + i-cviii.

Cuevas CC, Formas JR. 2002. *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe, norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 75: 245–258.

Duméril AMC, Bibron G. 1841. Erpétologie générale ou histoire naturelle complète des reptiles. Volume 8. Paris: Librarie Enclycopedique de Roret. ii + 1-792.

Fibla P, Sáez PA, Salinas, Araya, Sallaberry-Ayerza M, Méndez-Torres MA. 2017. The taxonomic status of two *Telmatobius* frog species (Anura: Telmatobiidae) from the western Andean slopes of northernmost Chile. Zootaxa 4250: 301–314.

Fibla P, Salinas H, Lobos G, del Pozo T, Fabres A, Méndez MA. 2018. Where is the enigmatic *Telmatobius halli* Noble 1938? Rediscovery and clarification of a frog species not seen for 80 years.

Formas JR, Northland I, Capetillo J, Nuñez JJ, Cuevas CC, Brieva LM. 1999. *Telmatobius dankoi*, una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 72: 427–445.

Guichenot A. 1848. Reptiles. Pp. 1-136 en Gay, C. (ed.), Historia Física y Política de Chile. Volume 2 (Zoología). Paris, Maulde and Renou.

Meyen FJF. 1834. Reise um die Erde ausgeführt auf dem Königlich preussischen Seehandlungs-Schiffe Prinzess Louise, commandirt von Capitain W. Wendt, in den Jahren 1830, 1831 und 1832. Erster Theil. Historischer Bericht. Berlin. Sander'schien Buchhandlung. i-viii + 1-493 + 1 mapa.

Noble GK. 1938. A new species of frog of the genus *Telmatobius* from Chile. American Museum Novitates 973: 1–3.

Philippi RA. 1902. Suplemento a los Batraquios Chilenos Descritos en la Historia Física i Política de Chile de don Claudio Gay. Santiago de Chile: Libreria Alemana de Jose Ivens. xi + 1-161.

Philippi RA. 1860. Viage al Desierto de Acatama hecho de orden del Gobierno de Chile en el verano 1853 – 54 (…). Halle en Sajonia. Eduardo Anton. viii + 1-236 + 6 lám.

Sáez PA., Fibla P, Correa C, Sallaberry M, Salinas H, Veloso A, Mella J, Iturra P, Méndez MA. 2014. A new endemic lineage of the Andean frog genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. Zoological Journal of the Linnean Society 171: 769–782.

Schmidt KP. 1928. The Chilean frogs of the genus *Telmatobius*. Revista Chilena de Historia Natural, 32 (1): 98-105.

Veloso A, Trueb L. 1976. Description of a new species of telmatobiine frog, *Telmatobius* (Amphibia: Leptodactylidae), from the Andes of northern Chile. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 62: 1–10.

Wiegmann AFA. 1834. Amphibien. Pp. 433–522 en Meyen, F. J. F. (ed.), Reise um die Erde ausfeführt auf dem Königlich Preussischen Seehandlungs-Schiffe Prinzes Louise, comandiert von Captain W. Wendt, in den Jahren 1830, 1831 und 1832 von Dr. F. J. F. Meyen. Dritter Theil. Zoologisher Bericht. Berlin, Sander'schen Buchhandlung.

Los Ambientes Altoandinos del norte de Chile

Gabriel Lobos[1],[2]

[1]Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, Calama, Chile

[2]Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile

En este capítulo, los ambientes altoandinos del norte de Chile, serán entendidos como aquellos que se localizan en las regiones administrativas de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama. En toda esta área, el rasgo más distintivo corresponde al carácter desértico que marca profundamente a su biota, comunidades humanas y paisajes. El desierto de Atacama en Chile, representa el sector más austral del desierto de la costa del Pacífico de América del sur. Este desierto, se extiende entre los 5° y 27° de latitud sur en la pendiente occidental de los Andes de Perú y Chile y altitudinalmente alcanza hasta los 1500 msnm. En el área, las condiciones áridas habrían prevalecido desde el cuaternario tardío (Arroyo et al. 1988). Desde un punto de vista biótico, el área es dependiente de las precipitaciones que caen en los sectores más altos de los Andes (invierno altiplánico), donde predomina un área con influencia bioclimática de tipo tropical (Di Castri 1968).

Sobre los 1.500 m.s.n.m, la vegetación conforma un paisaje dominado por estepas arbustivas, las que sobre los 4.000 m.s.n.m, da paso a estepas propias del altiplano (Gajardo 1994). La altura y el gradiente de precipitaciones de verano con influencia tropical (que va disminuyendo hacia el sur), determinan una sucesión de paisajes. En un gradiente altitudinal, la zona costera e interior es dominada por el desierto absoluto, el que da paso a estepas arbustivas (pastos duros como el coirón y matorrales bajos o tólares) y que a mayor altura son reemplazadas por estepas dominadas solo por pastos duros (coironales) y plantas pulvinadas o en cojín (figura 1). Del mismo modo, desde norte a sur, se van sucediendo una serie de paisajes esteparios, donde la mayor aridez que se produce hacia el sur, va generando cambios en la composición florística, hasta llegar nuevamente, a un ambiente de extrema aridez, como es la formación del Desierto Altoandino del Ojos del Salado (Gajardo 1994).

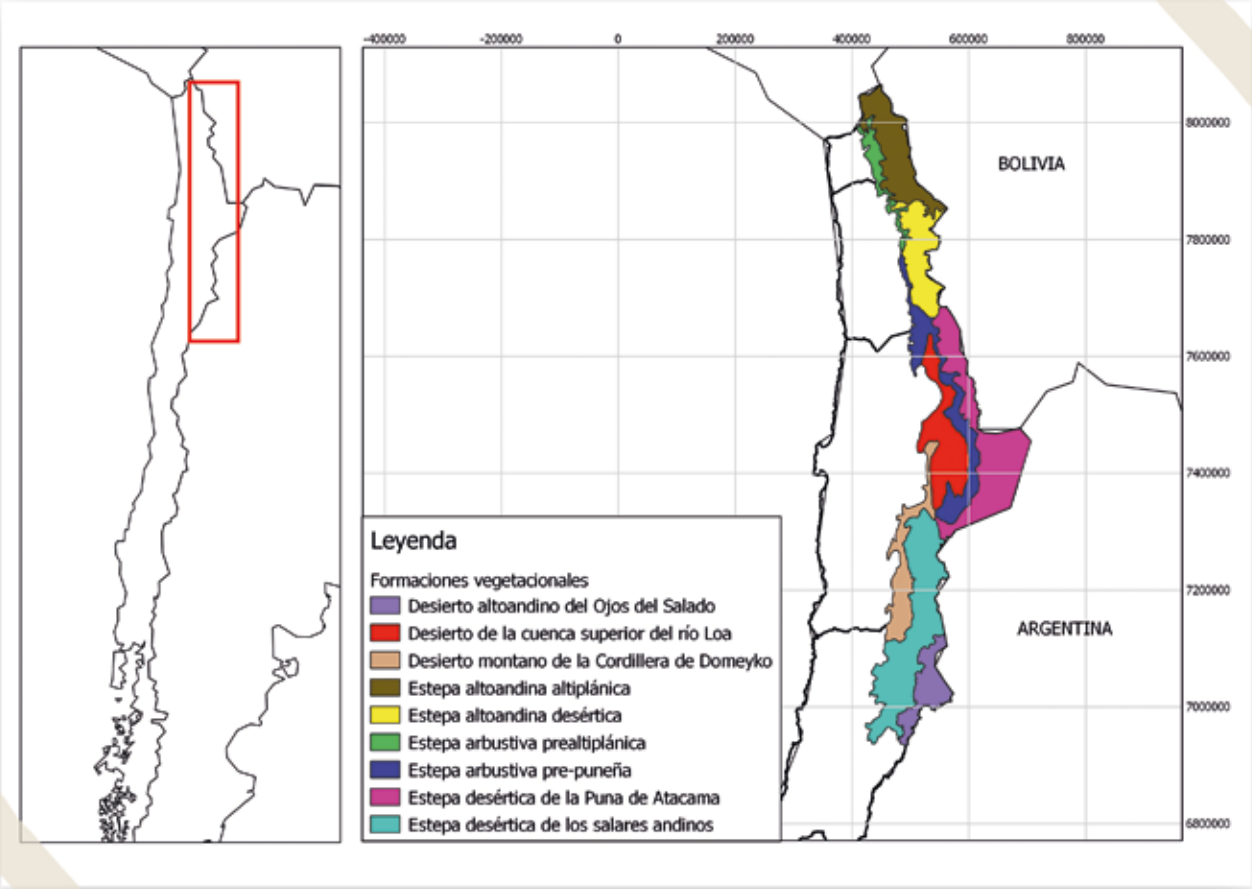


Figura 1. Formaciones vegetacionales (Gajardo 1994) de los ambientes de altura del extremo norte de Chile (regiones administrativas de Arica Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama). Recuadro en rojo, distingue el área indicada en el contexto nacional.

Fotografía 1. Estepa desértica de la Puna de Atacama, Cerro Pabellón, Región de Antofagasta.

Fotografía 2. Estepa arbustiva pre-puneña, alrededores del Abra, Región de Antofagasta.

Fotografía 3. Desierto de la cuenca superior del Río Loa, sector Opache, Región de Antofagasta.

Un paisaje singular en las tierras altas del norte de Chile, corresponde a los salares. Ellos son el resultado de la desecación de grandes paleólagos, lo que habría ocurrido entre el plioceno – pleistoceno (Levenú 1995, Placzek et al. 2011). Los salares son depósitos salinos, ubicados en cuencas planas a grandes alturas. La mayoría son altiplánicos, alimentados sólo por escasas lluvias y aguas subterráneas, lo que los convierte en ecosistemas frágiles a perturbaciones antrópicas (Keller y Soto 1998, Teillier y Becerra 2003).

Fotografía 4. Salar de Ascotán, Región de Antofagasta.

Los ambientes de altura del norte de Chile, corresponden a desiertos de altura, y la mayoría de sus cuencas son de tipo endorreicas (no drenan hacia el océano). Aquí se pueden reconocer sistemas lénticos o de aguas quietas (salares, lagunas altoandinas, lagos) y sistema lóticos o con escorrentía (arroyos, ríos, surgencias o vertientes). Por las características salinas propias de los suelos del área, la mayoría de los cursos y cuerpos de aguas presentan altos niveles de boratos, sulfatos, cloruros, cobre, bario, altas conductividades eléctricas y pH alcalinos. En este contexto, la flora y fauna acuática de estos ecosistemas ha evolucionado en estas condiciones ambientales, desarrollando capacidades adaptativas que les permiten sobrevivir en las condiciones extremas del norte del país. Así por ejemplo, a nivel de peces, destacan las especies del género Orestias y Pseudorestias (con 7 especies descritas para Chile, seis de ellas, endémicas del país) (Vila et al. 2013, Arratia et al. 2017) y las ranas del género *Telmatobius*, con al menos 9 especies presentes en el país (Méndez y Correa 2008, Correa et al. 2011).

Del punto de vista climático, en esta área destaca la presencia de lluvias estivales (invierno altiplánico), que se generan por la presencia de masas de aire húmedo provenientes de la región Amazónica, esenciales en la mantención de los equilibrios hidrológicos de estos sistemas de altura. A una escala más global, es importante destacar la influencia que genera el patrón climático cíclico llamado El Niño-Oscilación del Sur, que es uno de los principales conductores de la variabilidad climática en el Pacífico Sur. En esta área, se describe un patrón atmosférico denominado como circulación de Walker, el que se genera por las diferencias de temperaturas de la superficie marina entre las regiones del oeste y este. De este modo, la presencia de altas temperaturas en la superficie del océano y una mayor masa de aire ascendiendo en la zona de Indonesia, genera un alto flujo de masas de aire que subsidian la costa oeste de Sudamérica y que retorna como viento superficial. Este patrón de circulación atmosférico, se acopla también con la circulación hacia el oeste de las aguas del océano, favoreciendo la surgencia de nutrientes y aguas frías en las costas de Perú y Chile. Cuando se debilita la circulación de Walker, ella promueve el denominado fenómeno del Niño, suprimiendo la surgencia de aguas frías en la costa de Sudamérica, genera sequías en Australia, lluvias en el norte de Chile y Perú y condiciones secas en el Altiplano. Cuando la circulación de Walker se fortalece, genera la denominada Niña, invirtiendo los patrones antes señalado; favorece la surgencia de aguas frías en la costa norte de Chile y Perú, genera lluvias conectivas en Australia, sequía en el norte de Chile y Perú y condiciones húmedas en las zonas altiplánicas.

Fotografía 5. Arroyo la Cascada, hábitat de la ranita del Loa, *Telmatobius dankoi*

Referencias

Arratia G, Vila I, Lam N, Guerrero CJ, Quezada-Romegialli C. 2017. Morphological and taxonomic descriptions of a new genus and species of killifishes (Teleostei: Cyprinodontiformes) from the high Andes of northern Chile. PloS one, 12(8), e0181989.

Arroyo MTK, Squeo F, Armesto J, Villagrán C. 1988. Effects of aridity on plant diversity on the northern Chilean Andes: Results of a natural experiment. Annals of the Missouri Botanical Garden 75:55-78.

Correa C, Cisternas J, Correa-Solís M. 2011. Lista comentada de las especies de anfibios de Chile (Amphibia: Anura). Boletín de Biodiversidad de Chile 6: 1-21

Di Castri F. 1968. Equisse écologique du Chili. Biologie de l'Amerique australe. En: Étude sur la faune du Sol. Paris (Eds. Debouteville, C.L. & Rapaport, E.), Vol. IV, p. 7-52. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.

Gajardo R. 1994. La Vegetación Natural de Chile: clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 165 pp.

Keller B, Soto D. 1998. Hydrogeologic influences on the preservation of *Orestias ascotanensis* (Teleostei: Cyprinodontidae), in Salar de Ascotán, northern Chile. Revista Chilena de Historia natural, 71: 147-156.

Méndez MA, Correa C. 2008. Diversidad de especies: Anfibios (cap 2, p284-289) En: CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y desafíos. Ocho Libros editores. Santiago de Chile. 640 pp.

Lavenú A. 1995. Geodinámica Plio-Cuaternaria en los Andes Centrales: el Altiplano Norte de Bolivia. Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos 16:79–96.

Placzek C, Quade J, Patchett PJ. 2006. Geochronology and stratigraphy of late Pleistocene lake cycles on the southern Bolivian Altiplano: implications for causes of tropical climate change. Geological Society of America Bulletin 118: 515–532.

Teillier S, Becerra P. 2003. Flora y vegetación del Salar de Ascotán, Andes del norte de Chile. Gayana Botánica 60:114–122.

Vila I, Morales P, Scott S, Poulin E, Véliz D, Harrod C, Méndez MA. 2013. Phylogenetic and phylogeographic analysis of the genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) in the southern Chilean Altiplano: the relevance of ancient and recent divergence processes in speciation. Journal of Fish Biology. 82:927–943

Desde los Andes, de leyendas y de sapos

Osvaldo Rojas[1]

[1]Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, Calama, Chile

Antes pues, en la antigüedad, ya ni los abuelos lo recuerdan bien, que le contaron sus mayores, de ahí, de los cerros bajaron los Dioses, la tierra estaba oscura, no existía día ni noche, a tropezones caminaban los hombre, eran todos blancos como fantasma, no distinguían entre la tierra y el agua, Vivian como los sapos.

Ahí mesmo se compadecieron, y separaron las aguas de la tierra, subieron un sol y una luna para que existiera el día y la noche, los que estaban en tierra siguieron como hombre y los que estaban en el agua, quedaron como sapos. Por eso el sapo es vivaracho, el sabe muchas cosas, sabe como atraer fortuna y se rodea de arenas con oro, sabe cuándo va a llover, y por su origen de hombre, hasta se enamora, y le canta a la luna para que le envíe a su amada.

La visión del mundo andino, sin duda está íntimamente relacionado con la naturaleza, la interpreta y valoriza humanizándola de acuerdo a sus costumbres, la que esta profundamente relacionada con su geografía, ahí están las quebradas, las vegas, las vertientes, pobladas e interactuando con los animales y el paisaje, a quienes otorga personalidad propia, les habla y atribuye acciones humanas que son la respuesta a sus interrogantes, y en muchos casos enseñanzas de convivencia social al comportamiento del hombre. En las manifestaciones rupestres vemos esta interacción social de humanización de los sapos o ranas, pues no existe una línea definida de identificación entre estos anfibios, para el hombre andino, los grabó desde centurias en las paredes de los valles, indicando según el hombre de hoy, buenas aguas, pastos abundantes para el ganado, prosperidad, y buena ventura, este tratamiento mágico, que se plasmo y sobrevive a nuestros días, se trataría de una ofrenda, para lograr la buena voluntad de estos animales humanizados, y hacerlos protectores del hombre en su periplo por la vida. Nos cuenta la abuela Margarita de Ayquina que “ahí están, a veces lejos del rio, porque caen del cielo junto con la lluvia, ¡el viento los llevara!, hay que caminar con cuidado, si los pisas, tu chacra no será productiva, quedaras prendado”.

Figura 1. Bolsa con columna de anfibios, de carácter ceremonial correspondiente al sitio arqueológico Topater en la ciudad de Calama, fechado 2.500 años de antigüedad.

Alguna vez se escucho, que “al bajo”, en las vertientes, en los atardeceres, los pastores que bajaban con sus animales a sus corrales y refugios, orillaban este lugar, a lo lejos en el horizonte de los pastos, lugar donde mejor no había que ir, así lo recomendarían los abuelos y así se mantenía, era un “lugar malo”, se veían grupos de personas que corrían y reían, en una algarabía que el viento traía a sus oídos, quienes se habían aventurado a entrar en el sector, indicaban que el verde se perdía a medida que avanzaban hasta encontrar hierbas grises y opacas y las negras ciénagas, llenas de robustos sapos, quienes lograron encontrar la salida de este “encanto”, contaban que una Diosa de las aguas, al ver tanto sufrimiento en un pastor de este campo, se apiado de él, bajo por el agua y apareció en la cristalina vertiente, vivió con los hombres, prospero el pueblo en su agricultura y ganadería, con el tiempo se transformo en el grupo humano mas prospero de la zona, pasado los años, sus hombres se pusieron cada día mas flojos, abandonaron sus trabajos y comenzaron a exigirle a la Diosa, riquezas y mas prosperidad, al ver esta el dominio de la codicia, se sumergió en las aguas llevando consigo el ganado y todo lo que había creado, los hombres en su desesperación ingresaron a las aguas transformándose en sapos, ahí están, desde la lejanía se ven como fueron, al acercarse su realidad se relega a la ciénaga, son sapos. Quienes en la quietud y silencio andino, continúan llamando a su Diosa en su croar.

Sin duda estos batracios juegan un importante rol en lo referido al mundo dual andino, el mundo de arriba, el mundo de abajo, este ser puede estar en estos dos espacios de la cosmovisión andina, marcando mayor presencia en el mundo de arriba, por reunir más cualidades benigna que se construyen en este supra mundo de la cosmología andina, evidenciado en los abundantes elementos iconográficos, que nos muestran su presencia, lo cual refuerza las manifestaciones relacionazn estos mensajes de su modo de ver y explicar en universo que los rodeaba, su relación con actividades esotéricas relacionadas con el mundo de abajo es escasa, aparecen generalmente asociados a ritos de hechicería, no constituyendo un elemento dominante.

Contaba Marcos, hoy ya ido, solo su espíritu danza juguetón como lo fue en este tiempo, siguiendo el compás del viento, levantando polvaredas y reminiscencias.

Figura 2. Petroglifo de la localidad de Lasana, región de Antofagasta. Fechado por elementos culturales asociados a sus cementerios arqueológicos en 1.200 años de antigüedad, donde se representa un anuro.

Fueron los sapos los que salvaron los hombres, así una vez escuche, cuando los volcanes removidos por la ira de la tierra, quebraron la tierra y volvieron sus aguas del color de la sangre, el sol se oculto por mucho tiempo en densas nubes de cenizas, enojados por el mal actuar de los hombres, quito la lluvia, y las arenas fueron cubriendo la faz de la tierra, los humanos estaban indefensos, relegados a su propia realidad, no podían ser más de lo que eran, humildes criaturas que sin la ayuda de su creador, llegarían a su fin.

En este trance, los sapos quienes custodian las llaves de los dos mundos, tienen la licencia para ir y venir, se hicieron ver por estos hombres, que deambulaban con un destino incierto, su croar los guio a las aguas limpias, lo que les permitió revivir y fundar nuevamente sus pueblos, por eso hoy a la luz de las excavaciones, y en recuerdo de sus salvadores, son variadas las manifestaciones de estos batracios en su cerámica, textiles y representaciones rupestres.

Dicen que los sapos tienen un lenguaje secreto, algunos los conocen, pero ya quedan muy pocos en los pueblos, los hombres de hoy no conversan con los sapos, ya nadie se detiene en la chacra cuando al atardecer los sapos croan y saltan entre la hierba, sin darse cuenta que están anunciando la lluvia, tampoco hacemos caso cuando salen del lecho del rio y luchan por llegar a las tierras altas, están avisando que vienen las crecidas de rio, cuando por las noches no se escucha su croar, se están protegiendo frente a las heladas que vienen bajando de la montaña, y arruinara la siembra, cuanto perdimos por haber dejado de hablar con los sapos. (Miguel Mondaca).

Cuando los sapos bajaban del cielo, por ser tan juguetones y gordos su cuerda se rompió, así en su caída se desparramaron por el mundo, algunos cayeron aquí en el Loa, fueron variados, algunos chicos, otros grandes, y de muchos colores, yo creo que las ranas son las esposas de los sapos, dicen que algunos cayeron en el fogón de un estanciero por eso tienen su espalda llena de protuberancias y quemaduras, así vivian, como parte de un sistema armónico en el cual Dios y la casualidad los puso, dicen que sus poblaciones fueron enormes, ayudaban a los hombres en el control de plagas y le indicaban los cambios en el clima, esta solidaria relación se mantuvo por ciento de años, el hombre antiguo respetaba los animales, todos tienen un significado, en las aves están los espíritus de los ancestros, los peces cuidan las puertas del agua, los sapos, son mensajeros, ellos llevan nuestros ruegos a los guardianes de los cerros, ahora ya no están, dicen que los últimos sapos que se encontraron aquí en Chunchuri, los llevaran a las quebradas para abajo para que no desaparezcan, aquí ya no tienen agua, el desmedido e intolerante hombre de hoy, les robo sus tierras, sus arroyos y su existencia. (Anónimo)

Generalidades de los anfibios

Carlos Garín[1] & Gabriel Lobos[2],[3]

[1]Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

[2]Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, Calama, Chile.

[3]Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

Introducción

Los Anfibios son un grupo que a nivel global está constituido por alrededor de 8.128 taxa reconocidas (Amphibian Species of the World 6.0; American Museum of National History). Para Chile, se han descrito, al menos, 61 especies de anfibios (Correa et al. 2011) y se caracterizan por presentar un alto grado de endemismo, siendo un importante componente de la biodiversidad nacional. Hay consenso en que los anfibios estarían en un proceso de declinación debido a la pérdida de hábitat e introducción de especies (Veloso y Navarro 1998). Algunas particularidades de este grupo de animales se describen a continuación.

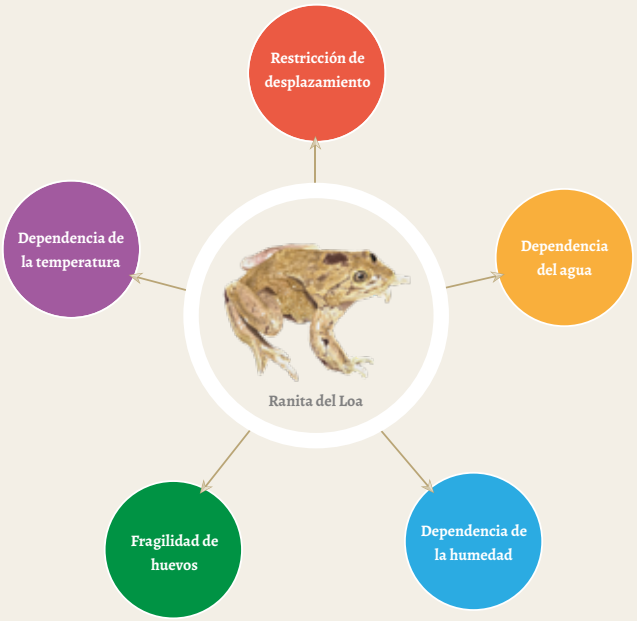


Figura 1. Esquema con algunas restricciones biológicas en anuros.

Termorregulación

Los anfibios son reconocidos como organismos de sangre fría, en comparación a las aves y mamíferos que son reconocidos como animales de sangre caliente, estos últimos, poseen altas tasas de producción de calor debido a su metabolismo. En función de la fuente de energía usada para mantener la temperatura corporal, los animales son clasificados en endotermos (endo = adentro), dependientes de una fuente interna de energía (metabolismo), como los mamíferos, y ectotermos (ecto = fuera), dependientes de una fuente externa (radiación solar), como los reptiles y anfibios (Pough y Gans 1982).

Origen

Los anfibios modernos (Lissamphibia: liss suave; en alusión a la pérdida de escamas presentes en peces y anfibios extintos), se agrupan en tres órdenes: Caudata, Gymnophiona y Anura. El orden Caudata (salamandras y tritones) se caracteriza por la pérdida de pulmones y la ocurrencia de paedomorfosis (mantención de caracteres larvales en los adultos; Voss 1995, Voss y Shaffer 2000). El orden Gymnophiona reúne a las llamadas cecilias que corresponde al grupo más desconocido de anfibios, integrado por especies de vida acuática y hábitos fosoriales (Zardoya y Meyer 2000, 2001). Finalmente, el orden Anura reúne a los anfibios más conocidos, como las ranas y sapos (Pough et al. 2004). A pesar de que estos tres órdenes muestran caracteres morfológicos muy distintos, comparten una serie de caracteres derivados (grupo monofilético), como por ejemplo, tener piel extremadamente glandular, productora de mucus y veneno. A nivel global, el mayor porcentaje de anfibios corresponde a Anura; único grupo presente en Chile (Veloso y Navarro 1988, Formas 1995).

Reproducción

La palabra anfibio, hace alusión al hecho de que su vida transcurre en dos ambientes (amphi = doble, bios = vida), el medio terrestre y el medio acuático. Pese a encontrarse adaptados para la existencia terrestre, sus huevos sin cáscara y sus larvas con branquias, los obligan a un desarrollo acuático (o a lo menos en sitios de alta humedad). De esta manera, el ciclo reproductivo considera una fase acuática (huevos y larvas) y otra terrestre (juveniles y adultos). Las larvas se desarrollan en el medio acuático, las cuales luego de la metamorfosis, pasan a ser llamados juveniles, los que se dirigen a ambientes terrestres (Kardong 2001). La metamorfosis es un mecanismo complejo gobernado por el sistema nervioso y endocrino (Dent 1988).

Muchas especies de anfibios han optado por estrategias reproductivas del tipo r-estratega, que considera la puesta de una gran cantidad de huevos, de los cuales solo unos pocos llegan a la adultez. La estrategia opuesta, son los denominados k-estratega, ellos depositan un menor número de huevos, los que reciben algún grado de cuidado parental, particularmente en especies de ambientes terrestres. Un caso particular es el cuidado de huevos en el estómago de hembras del género australiano *Rheobatrachus* (Angulo 2002). Otro caso interesante, se da en los representantes del género *Rhinoderma* (presente en Chile), donde los machos incuban las larvas en sus sacos bucales hasta la metamorfosis (*Rhinoderma darwinii*) o hasta estadios de mayor desarrollo como en *R. rufum* (Busse 2002). Del mismo modo, gran parte de las especies que habitan en los bosques templados del sur de Chile, tienen larvas que prácticamente se desarrollan en ambientes de cavernas con escasa luz (Eupsophus roseus), donde sólo cabe la posibilidad de alimentarse de las reservas de vitelo del huevo (Formas 1981). Y otras, como *Telmatobius* (ranas del norte de Chile), colocan sus huevos en cavidades bajo el agua de esteros y vertientes, como estrategia de anfibios altamente adaptados a condiciones desérticas.

La piel de los anfibios

Los anfibios lograron conquistar los medios terrestres, pero permanecen fuertemente ligados a los medios acuáticos. En ello influye la piel de estos organismos, la que es delgada y sin barreras para la pérdida de agua. La piel suele mantenerse húmeda, entre otras cosas, gracias a una serie de glándulas. Lo delgado de la piel, su humedad y la presencia de una importante red de capilares en la epidermis y la dermis, les permite realizar intercambio gaseoso a través de ella y respirar (Feder y Burggren 1992). Por otra parte, estas mismas características determinan que la gran mayoría de los anfibios sean muy sensibles a la deshidratación (altas temperaturas, viento), por lo que es frecuente observarlos más activos durante la noche u ocupando sitios con baja exposición a la radicación solar. Así mismo, estos rasgos de la piel de anfibios los hace particularmente sensibles a exposición a contaminantes (Gascon et al. 2005).

Conducta

Sin duda los anfibios destacan por sus cantos, los cuales son más frecuentes durante el atardecer y la noche. Los cantos son principalmente de dos tipos. Por una parte, está el de cortejo, sólo emitido por machos, con el cual intentan atraer a las hembras durante la época

reproductiva, las cuales usan las características de estos cantos para seleccionar a los machos. Sin embargo, en algunas pocas especies, las hembras cantan en respuesta al canto de los machos (Bosch y Márquez 2001). Por otra parte, está el canto de liberación o vibración sexual preventiva, el cual es emitido por machos y hembras de algunas especies para indicar que no son individuos receptivos para la reproducción (Penna y Veloso 1982).

Referencias

Angulo A. 2002. Anfibios y paradojas: Perspectivas sobre la diversidad y las poblaciones de anfibios. Ecología Aplicada (Perú) 1: 105-109.

Bosch J, Márquez R. 2001. Female courtship call of the Iberian midwife toad (*Alytes cisternasii*). Journal of Herpetology 35: 647652.

Busse K. 2002. En peligro las ranas del género *Rhinoderma*, ¿queda alguna *Rhinoderma rufum* en Chile? Reptilia (España) 38: 67-71.

Correa C, Cisternas J, Correa M. 2011. Lista comentada de las especies de anfibios de Chile (AMPHIBIA: ANURA). Boletín de Biodiversidad de Chile, 6: 1–21.

Dent JN. 1988. Hormonal interaction in amphibian metamorphosis. American Zoologist 28: 297-308.

Fedder ME, Burggren WW. 1992. Environmental physiology of the amphibians. University of Chicago Press. Chicago and London. 646 pp.

Formas JR. 1981. Adaptaciones larvarias de los anuros del bosque temperado austral de Sudamérica. Medio Ambiente (Chile) 5: 1521.

Formas JR. 1995. Anfibios. En Simonetti, JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds), Diversidad biológica de Chile: 314-325. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago. xii + 364 pp.

Gascon C, Collins JP, Moore RD, Church DR, Mckay JE, Mendelson II JR. 2005. Amphibian conservation action plan. Proceedings: IUCN/SSC Amphibian Conservation Summit. 68 pp.

Kardong K. 2001. Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución. McGraw-Hill–Interamericana. España. 732 pp.

Penna M, Veloso A. 1982. The warning vibration of *Pleurodema thaul*. Journal of Herpetology 16: 408-410.

Pough FH, Gans C. 1982. The vocabulary of reptilian thermoregulation. En: Gans C & FH Pough (eds), Biology of reptilia, Vol. 12C: 1723. Academic Press, Londres.

Pough FH, Janis CM, Heiser JB. 2004. Vertebrate life. 7a. edition Pearson Prentice Hall. 684 pp.

Veloso A, Navarro J. 1988. Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino 6: 481-539.

Voss SR. 1995. Genetic basis of paedomorphosis in the axolotl, Ambystoma mexicanum: A test of the single-gene hypothesis. Journal of Heredity 86: 441-447.

Voss SR, Shaffer HB. 2000. Evolutionary genetics of metamorphic failure using wildcaught vs. laboratory axolotls (Ambystoma mexicanum) Molecular Ecology 9: 1401–1407.

Zardoya R, Meyer A. 2000. Mitochondrial evidence on the phylogenetic position of caecilians (Amphibia: Gymnophiona). Genetics 155: 765-775.

Zardoya R, Meyer A. 2001. On the origin of and phylogenetic relationships among living amphibians. Proceedings of the National Academy of Sciences (USA) 98: 7380–7383.

Adaptaciones de los anfibios a los ambientes de altura

Hugo Salinas M[1]

[1]Ecodiversidad Consultores, Santiago, Chile

La adaptación es un proceso que desarrollan las especies para adecuarse de mejor forma a su entorno. Este proceso considera cambios tanto en la estructura como en el funcionamiento de características durante sucesivas generaciones en una población. En términos prácticos, el término adaptación, generalmente hace referencia a algún producto de este proceso, es decir, aquellas características que son el resultado del proceso adaptativo.

Las adaptaciones pueden ser estructurales, fisiológicas y del comportamiento, por ejemplo, una característica anatómica que permita que el organismo acceda a un nuevo recurso valioso, a una proteína que funciona mejor a la temperatura corporal o un comportamiento que le permita una mejor evasión de los depredadores. La adaptación por lo general, no es una materia simple, donde un fenotipo ideal evoluciona para un ambiente determinado. El organismo, debe ser viable en todas las etapas del desarrollo y en todas las etapas de su evolución. Cabe señalar que la adaptación a un ambiente en particular, tiende a disminuir la habilidad de las especies a adaptarse a cambios rápidos en dicho ambiente (Bowler y Peter 2003, Mayr 1982, Daintith et al. 2010).

Con el tiempo, la selección natural de rasgos adaptativos puede llevar al desarrollo de nuevas especies. A este proceso en que nuevas especies emergen, se le llama especiación, y generalmente, ocurre a partir del aislamiento reproductivo de las poblaciones (Mayr 1982). Las gradientes altitudinales, incluyen una larga transición ecológica en una distancia lineal pequeña (Stortz y Dubach 2004). Los organismos que se encuentran adaptados a la vida a grandes altitudes, deben ser capaces de sobreponerse a una serie de restricciones. La más estudiada ha sido la hipoxia (baja concentración de oxígeno en el ambiente), pero también se puede mencionar a la elevada radiación ultravioleta, las temperaturas extremas (muy altas en el día y muy bajas en la noche), los vientos fuertes, la deshidratación, la marcada estacionalidad y la escasez de alimento (Bullard 1972, Yang et al. 2016). En consecuencia, los organismos

requieren estar adaptados a todos estos retos de forma simultánea, lo que tendría una base genética que involucra interacciones y compensaciones entre genes (Cheviron y Brumfield 2012). Las adaptaciones pueden involucrar uno o más pasos en la cadena de transporte de oxigeno desde el ambiente hasta su utilización en los tejidos, por ejemplo, mayores superficies respiratorias, mayor tamaño del corazón, mayor concentración de hemoglobina, aumento en la densidad de los capilares, mayores niveles de mioglobina (Morrison 1964).

Fotografía 1. Anfibio de alta montaña de Chile central (*Alsodes montanus*). Habita dentro del agua de arroyos que se congelan en gran parte del año. La piel es suelta lo que facilitaría el intercambio gaseoso.

Para el género *Telmatobius* se han descrito adaptaciones a la altitud y al agua fría, siendo *T. culeus*, que habita en el Lago Titicaca, una de las especies más estudiadas. Esta especie y otras del género *Telmatobius*, son estrictamente acuáticas, y el intercambio gaseoso se realiza principalmente por la piel. En estas especies, los pulmones tienen una baja importancia, y se encuentran fuertemente reducidos. En *T. culeus* se describe que los pulmones alcanzan tamaños menores a un tercio de otros anuros de tamaño similar, son aplanados y con baja vascularización, con un solo alveolo primario y frecuentemente una estrecha terminación caudal (Macedo 1960). En contraste, la piel de *T. culeus* se describe como suelta, fibrosa y glandular, presentando numerosos pliegues grandes que cuelgan del dorso, los lados y las patas traseras, lo que le permite funcionar como una "gran branquia". Estos pliegues se encuentran altamente vascularizados (redes de capilares sanguíneos) por plexos sub-epidérmicos con capilares que penetran las capas más externas del estrato córneo. Además, la cavidad bucal también se encuentra altamente vascularizada (Macedo 1960, Ruiz et al. 1983).

Otra adaptación común en especies andinas de este género, es la habilidad para obtener oxigeno desde aguas que presentan una muy baja presión de este elemento, lo que se ve favorecido por la presencia de un gran número de pequeños eritrocitos que transportan una elevada cantidad de hemoglobina (Ruiz et al. 1983). Hutchison et al. (1976) estudio las adaptaciones respiratorias en *T. culeus* y encontró que la cuenta de eritrocitos fue la mayor reportada para cualquier anuro, y entre los anfibios, sólo fue superado por la salamandra Ambystoma tigrinum, especie que habita elevaciones de 2.100 m s.n.m en las montañas rocosas (Roofe 1961). Además, *T. culeus* presentó los valores para capacidad de oxígeno y concentración de hemoglobina intracelular, que se encuentran entre los rangos más altos registrados para anfibios; por otro lado, una presión parcial de oxígeno (P50) y una tasa metabólica, de las más baja reportada para cualquier anfibio anuro, solo comparable con una salamandra acuática (*Necturus maculosis*). Ruiz et al. (1983) encontraron para cuatro especies que habitan en Chile, *T.pefauri*, *T.peruvianus*, *T. marmoratus* y *T. halli* (posiblemente *T. vilamensis*) resultados similares en cuanto a tamaño y abundancia de eritrocitos, y concentraciones de hemoglobina a nivel plasmático e intracelular. En estos estudios, *T. halli* presentó el mayor número de eritrocitos; *T. marmoratus* el mayor hematocrito y concentración de hemoglobina; *T. pefauri* el menor volumen celular promedio reportado dentro de los anfibios, desplazando

a *T. culeus* que registraba este menor valor, hasta este estudio; y *T. peruvianus* un promedio de hemoglobina intracelular que es el más alto que se haya reportado para un anfibios y la mayor concentración promedio de hemoglobina intracelular.

En relación al comportamiento, se observó que en *T. culeus*, cuando el agua se encuentra suficientemente oxigenada, no emerge para respirar. Sin embargo, cuando se encuentra en aguas muy hipóxicas (bajo nivel de oxigeno) y se le impide emerger a la superficie para ventilar, esta especie respira por medio de su piel, balanceándose de lado a lado (Hutchinson et al. 1976). La temperatura ambiental tiene un efecto muy importante en la fisiología de los anfibios, pero ha sido poco estudiada en especies acuáticas. Estudios recientes en *T. culeus* muestran que los adultos se encuentran principalmente en sectores de mayor profundidad donde la temperatura es más estable. Además, se pudo observar selección de profundidad y movimiento entre microhábitat, según temperatura y hora del día, comportamientos que se encontrarían asociados con termorregulación en un hábitat acuático (Muñoz et al. 2018).

Los anfibios, a diferencia de otros vertebrados, presentan una piel delgada y desnuda, que tiene un importante rol en la respiración (Tattersall 2007). En la altura, uno de los estresores más importantes es la radiación ultravioleta, y las lesiones por este tipo de radiación se consideran una de las más significativas debido a que la piel en los anfibios se encuentra expuesta a una variedad de condiciones adversas (Yang et al. 2016, Clarke et al. 1997, Liu et al. 2010). En el anuro Nanorana parkeri que habita en el Tibet, se ha logrado determinar que la estructura básica de la piel es similar a la de otros anfibios, pero difiere al tener un mayor número de capilares y glándulas granulares lo que sugiere una adaptación a la hipoxia y/o radiación ultravioleta, además, las poblaciones que habitan a mayor altura, presentaron la piel más pigmentada, lo que también podría relacionarse a una adaptación local al frío o a la radiación ultravioleta (Yang 2019). En el caso del anuro Odorrana andersonii, especie que habita a gran altitud, se observó una alta diversidad y mayor capacidad de búsqueda de radicales libres por parte de los antioxidantes de la piel, para hacerle frente a la radiación ultravioleta, que en una especie del mismo género que habitan a menor altura. Se sugiere que esta especie evolucionó un sistema de péptidos (grupos de aminoácidos) antioxidantes en su piel mucho más complejo y poderoso para sobrevivir a los elevados niveles de radiación ultravioleta (Yang et al. 2016). Si

bien para el género *Telmatobius* no existen estudios al respecto, es esperable que alguno de estos mecanismos actúen para hacerle frente a la radiación ultravioleta.

Referencias

Bowler PJ. 2003. Evolution: The History of an Idea (3rd completely rev. and expanded ed.). University of California Press. ISBN 978-0-520-23693-6. OCLC 49824702.

Bullard RW. 1972. Vertebrates at Altitudes. In: PHYSIOLOGICAL ADAPTATIONS, DESERT AND MOUNTAIN. Editors: Yousef M, Horvath S and Bullard R. Academic Press, New York and London.

Cheviron ZA, Brumfield RT. 2012. Genomic insights into adaptation to high-altitude environments. Heredity. 2012;108:354–61.

Clarke BT. 1997. The natural history of amphibian skin secretions, their normal functioning and potential medical applications. Biological Review 72, 365–379.

Daintith J, Martin EA (eds). 2010. "Adaptation". A Dictionary of Science. Oxford Paperback Reference (6th ed.). Oxford University Press. p. 13. ISBN 978-0-19-956146-9.

Hutchison V, Howard H, Engbretson G. 1976. Aquatic life at high altitude: Respiratory adaptations in the Lake Titicaca frog, *Telmatobius culeus*. Respiration Physiology 27: 115-129.

Liu CB, Hong J, Yang H, Wu J, Ma D, Li D, Lin D, Lai R. 2010. Frog skins keep redox homeostasis by antioxidant peptides with rapid radical scavenging ability. Free Radical Biomedicine 48, 1173–1181.

Macedo H. 1960. Vergleichende Untersuchungen an Arten der Gattung *Telmatobius* (Amphibia, Anura). Z. wiss. Zoo/. 163: 355-396.

Mayr E. 1982. The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance. Belknap Press. ISBN 978-0-674-36445-5. OCLC 7875904.

Morrison, P. 1964. Wild animals at high altitudes. Symposia of the Zoological Society of London 13, 49.

Muñoz-Saravia A, Callapa G, Janssens GPJ. 2018. Temperature exposure and possible thermoregulation strategies in the Titicaca water frog *Telmatobius culeus*, a fully aquatic frog of the High Andes. Endanger Species Research 37:91-103. https://doi.org/10.3354/esr00904

Roofe PG. 1961. Blood constituents of *Amblystoma tigrinum*. Anatomical Records 140: 337-340.

Ruiz G, Rosenmann M, Veloso A. 1983. Respiratory and hematological adaptations to high altitude in *Telmatobius* frogs from the Chilean Andes. Comparative Biochemistry and Physiology 76A, 109- l 13.

Stortz FJ, Dubach JM. 2004. Natural selection drives altitudinal divergence at the albumin locus in deer mice (*Peromyscus maniculatus*). Evolution 58:1342–52.

Tattersall GJ. 2007. Skin breathing in amphibians. Endothelial Biomedicine: a Comprehensive Reference, 85–91.

Yang C, Fu T, Lan X, Zhang Y, Nneji Lm, Murphy Rw, Sun, Che J. 2019. Comparative Skin Histology of Frogs Reveals High-elevation Adaptation of the Tibetan Nanorana parkeri. Asian Herpetological Research 10(2): 79–85.

Yang X, Wang Y, Zhang Y, Lee WH, Zhang Y. 2016. Rich diversity and potency of skin antioxidant peptides revealed a novel molecular basis for high-altitude adaptation of amphibians. Scientific Reports 6, 19866; doi: 10.1038/srep19866.

Yang W, Qi Y, Fu J. 2016. Genetic signals of high-altitude adaptation in amphibians: a comparative transcriptome analysis. BMC Genetics 17:134.

Sistemática del Género *Telmatobius* en Chile

Paola A. Sáez[1] & Marco A. Méndez[1,2]

[1]Laboratorio de Genética y Evolución, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

[2]Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Introducción

Para entender este capítulo, es fundamental revisar los conceptos de Taxonomía y Sistemática. Estos conceptos están íntimamente relacionados y permiten comprender las relaciones entre los organismos para así poder clasificarlos. Por una parte, la Taxonomía comprende la teoría y la práctica de describir, nombrar y ordenar grupos de organismos denominados taxa (especies, en plural). Así, los organismos son clasificados por un sistema jerárquico - creado por el naturalista sueco Carolus Linnaeus en 1758, que se basa en la idea de que las especies comparten atributos, y que estos, a su vez, los diferencian de otros organismos. Actualmente, este sistema está compuesto por siete niveles: Reino, Filo, Clase, Orden, Familia, Género y Especie (figura 1). Por ejemplo, la clasificación del humano en este sistema corresponde a la especie Homo sapiens Linnaeus, 1758. Donde Homo corresponde al Género, que a su vez pertenece a la Familia de los homínidos (Hominidae), dentro del Orden de los Primates y está incluido en la Clase de los mamíferos (Mammalia). Pero nosotros no somos los únicos dentro de la Clase Mammalia, compartimos este nivel de clasificación (jerarquía) con muchas otras especies que pertenecen al Filo de los cordados (Chordata), del Reino Animal. Como se observa en el ejemplo, el sistema Linneano expresa la posición relativa de un taxón (singular de taxa) dentro de una jerarquía usando categorías subordinadas unas en otras. Un detalle interesante de este sistema de clasificación es que cuando escribimos el nombre científico de una especie, usualmente se indica el apellido de la primera persona que describió a la especie y el año en que lo hizo. En el ejemplo del humano, el mismo Linneaus en 1758 realizó la clasificación de nuestra especie, por eso nosotros pertenecemos a la especie Homo sapiens Linnaeus, 1758.

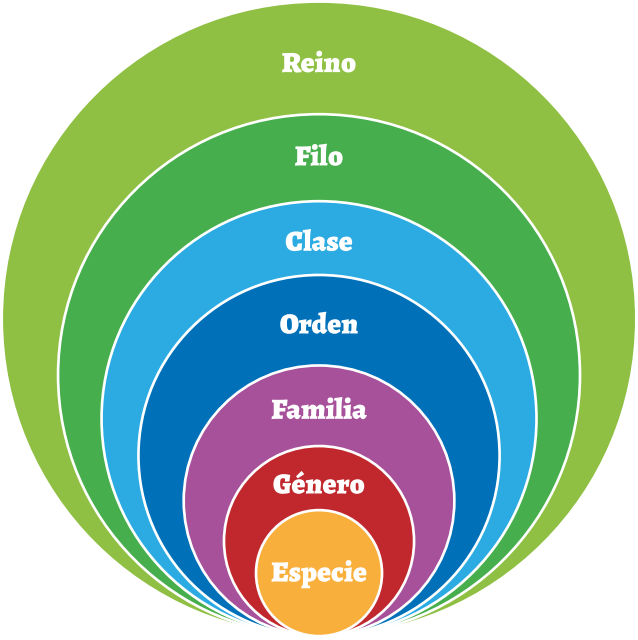


Figura 1. Categorías Taxonómicas.

Por otra parte, la Sistemática, es el área de la ciencia que se encarga de estudiar y clasificar la diversidad de los organismos, fósiles y recientes, y de todas y cada una de las relaciones que ocurren entre ellos en términos evolutivos (Mayr 1969). Para llevar a cabo esta tarea se utiliza la Sistemática Filogenética, una disciplina que estudia la historia evolutiva y las relaciones de ancestro-descendiente entre las especies. Estas relaciones generalmente se representan mediante un árbol filogenético, el cual es una representación gráfica del proceso evolutivo de las especies estudiadas. Esta idea del árbol proviene de Charles Darwin, quien – en su libro "El Origen de las Especies" (1859) - propuso que todos los organismos se originaron de un ancestro común, fundando las bases de la Teoría de la Evolución. De acuerdo con la metáfora del árbol, los árboles filogenéticos poseen una raíz, que representa el ancestro común de todos los taxa

bajo estudio; poseen ramas, que son las líneas que conectan especies ancestrales con especies derivadas o descendientes; poseen nodos, que representan eventos de especiación (proceso de formación de nuevas especies a partir de una especie ancestral); y poseen hojas (o ramas terminales), que representan los taxa en estudio, es decir a las especies actuales (figura 2).

La topología del árbol filogenético, patrón de ramificación del árbol, da cuenta de las relaciones entre los distintos taxa. El largo de las ramas de un árbol filogenético usualmente es proporcional al tiempo, así ramas largas, indican que ha pasado más tiempo desde que dos

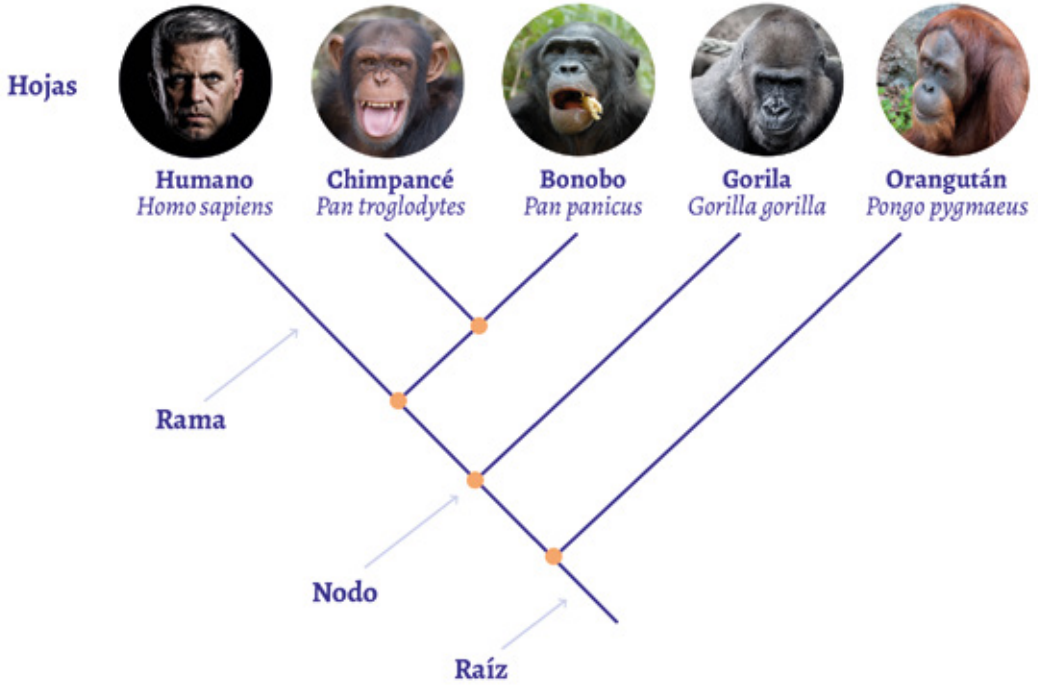


Figura 2. Árbol filogenético de los homínidos (Hominidae). Las letras en color azul señalan las partes de un árbol filogenético.

especies se separaron (divergieron). Por ejemplo, el Orden Primates incluye a la Familia de los homínidos (Hominidae), donde los chimpancés y bonobos se encuentran estrechamente relacionados con la especie humana, y estas especies a su vez forman un linaje (grupo que incluye un ancestro y todos sus descendientes) con orangutanes y gorilas (figura 2). Esto quiere decir, que todos los homínidos comparten un ancestro común, donde humanos y chimpancés + bonobos comparten un ancestro común más reciente (ACMR). El ACMR es la entidad más reciente del cual todos los organismos del grupo son descendientes directos.

Finalmente, para comprender un árbol filogenético es importante considerar que el proceso evolutivo - evolución biológica – implica, tanto la extinción de especies, como la formación de especies nuevas a partir de un ancestro común (especiación). Además, si incorporamos en la filogenia datos moleculares (secuencias de ADN [ácido desoxirribonucleico]), utilizando modelos teóricos (tasas de mutación del ADN), podemos inferir una fecha aproximada de la ocurrencia del evento de especiación

Origen y diversificación del género *Telmatobius*

La diversidad de los anuros (anfibios sin cola: ranas y sapos) en el Altiplano Andino y región de la Puna está representada por cuatro Géneros: *Pleurodema* (dos especies), *Gastrotheca* (una especie), *Rhinella* (una especie) y *Telmatobius*, siendo este último grupo, el que colonizó con mayor éxito esta región, con más de diez especies descritas en la Puna y Altiplano, y 63 especies en total (Frost 2020). Los *Telmatobius* son un grupo particular de anfibios que se distribuye desde Argentina y Chile, hasta Bolivia, Perú y Ecuador, y que se caracteriza por presentar adaptaciones para la vida acuática en la altura (ver capítulo adaptaciones de los anfibios a los ambientes de altura).

La mayoría de las especies de anfibios que hoy habitan la Cordillera de los Andes, se habrían originado a partir de especies que habitaron el sur de Sudamérica, en el súper continente Gondwana (hace 200 Millones de años [de ahora en adelante Ma]) (Cei 1986). Así, la diversificación del grupo *Telmatobius*, desde una o más especies ancestrales, habría ocurrido desde el sur hacia el norte, y desde ambientes de baja altitud a ambientes de mayor altura

en los Andes (Duellman 1979, Lavilla 1985, Cei 1986). Las especies del género *Telmatobius* se habrían desplazado hacia el norte por la vertiente oriental de los Andes (en Argentina y Bolivia), colonizando desde allí la vertiente occidental (en el norte de Chile) y el Altiplano, para proseguir por los Andes centrales (en Bolivia y Perú) y colonizar los Andes del norte en Ecuador (Lavilla 1985).

Generalidades de la Taxonomía y Sistemática del género *Telmatobius*

Los investigadores han reconocido que la taxonomía del Género *Telmatobius* es compleja, ya que estas especies presentan un alto grado de variación morfológica, tanto a nivel inter-específico (entre especies), como intra-específico (dentro de una especie) (Trueb 1979, Cei 1986, Wiens 1993, Barrionuevo y Baldo 2009), junto a la falta de caracteres diagnósticos claros (Barrionuevo y Baldo 2009). Los caracteres diagnósticos son aquellos atributos, generalmente morfológicos, que son heredables y permiten diferenciar un organismo de otros organismos, pero que no reflejan su historia evolutiva. Lo anterior, hace difícil la tarea de describir y clasificar especies utilizando sólo caracteres morfológicos (p.e. forma de la cabeza, distancia entre los ojos, tipos de dientes, etc.). Recientemente el avance científico, ha permitido incorporar a la descripción de especies una nueva herramienta: la utilización de caracteres moleculares o genéticos. Los caracteres moleculares, usualmente llamados marcadores genéticos, corresponden a secuencias de ADN que poseen variación detectable entre especies y presentan un patrón de herencia mendeliana (es decir, que se heredan de sus progenitores o de uno de ellos). Por lo tanto, los marcadores genéticos también permiten inferir la historia evolutiva de un grupo de organismos. Además, dado que la mayoría de los organismos cuentan con miles de genes (en el humano existirían alrededor de 20.000), y que los marcadores genéticos pueden ser analizados juntamente con marcadores morfológicos, actualmente es posible describir y clasificar especies con una robusta base científica.

Usando marcadores genéticos del ADN nuclear y mitocondrial, en la actualidad se conoce que las especies de *Telmatobius* constituyen un único Género dentro de la Familia Telmatobiidae, cuyas especies más relacionadas son los Géneros *Insuetophrynus* y *Rhinoderma* (Familia Rhinodermatidae), y los Géneros *Batrachyla* y *Atelognathus* (Familia Batrachylidae). Estas

especies de anfibios emparentadas con *Telmatobius*, se distribuyen en la zona centro y sur de Chile, mientras que las especies de *Telmatobius*, se encuentran sólo en la zona norte de Chile.

Filogenia de las especies del género *Telmatobius*

Actualmente, no existe una filogenia que represente las relaciones evolutivas de todas las especies conocidas del Género *Telmatobius*. Esto se debe, en parte, al escaso conocimiento que existe de las especies, en particular, su taxonomía y distribución geográfica. Sin embargo, existen filogenias de las especies que habitan Bolivia y Chile, utilizando marcadores genéticos del ADN mitocondrial (genes 16S y Citocromo b). Los resultados sugieren la existencia de tres linajes en esta región: dos de ellos incluyen especies de *Telmatobius* que se distribuyen únicamente en los bosques y valles interandinos de las montañas del borde oriental de los Andes en Bolivia (grupo de *T. verrucosus* y *T. bolivianus*); y uno que incluye a las especies que habitan la región del Altiplano y las montañas del borde occidental de los Andes en Chile y Bolivia (figura 3). Todas las especies que habitan en Chile, forman parte de este último grupo, el cual está formado a su vez por tres linajes, los cuales incluyen a las nueve especies actualmente conocidas en Chile, y algunas especies presentes en Bolivia. Estos linajes fueron llamados de acuerdo con la especie que primero se describió en cada subgrupo: 1) grupo *T. marmoratus*, 2) grupo *T. hintoni*, y 3) grupo *T. pefauri* (De la Riva et al. 2010, Sáez et al. 2014) (figura 3).

La filogenia también reveló que el linaje de *T. marmoratus* es un grupo polifilético (grupo compuesto por descendientes de distintos ancestros), ya que incluye a la especie *T. gigas* (presente sólo en Bolivia), y *T. peruvianus* (presente en Perú y Chile), aunque actualmente hay evidencia que *T. peruvianus* fue mal asignada a esta especie (figura 3). El linaje de *T. marmoratus* está compuesto por poblaciones bolivianas del Parque Nacional Sajama, y tres poblaciones chilenas de la Región de Tarapacá (Isluga, Quebrada Tana y Quebe), estrechamente relacionadas con *T. gigas*; un segundo linaje está formado exclusivamente por las poblaciones del Parque Nacional Lauca (Parinacota, Lauca, Chungará y Caquena), Región de Arica y Parinacota; y un tercer linaje incluye las poblaciones bolivianas del Departamento de La Paz, y las poblaciones chilenas de Cancosa y Colpa, en la Región de Tarapacá (figura 3) (Sáez et al. 2014).

De acuerdo con la filogenia, las especies del Altiplano del grupo *T. hintoni* y las especies de las montañas occidentales del grupo *T. pefauri*, tendrían un origen común (figura 3). El grupo *T. hintoni*, incluye a especies bolivianas y a las especies chilenas que habitan en la Región de Antofagasta: *T. philippii* y *T. fronteriensis*; mientras que el grupo *T. pefauri*, está compuesto sólo por especies que habitan exclusivamente los ambientes altoandinos de Chile: *T. chusmisensis*, *T. vilamensis* y *T. dankoi* (figura 3). Estas dos últimas especies, la rana de Vilama y la ranita del Loa, descienden de un ancestro común reciente (ACMR) en términos evolutivos (< 0,6 Ma), y se encuentran estrechamente relacionadas.

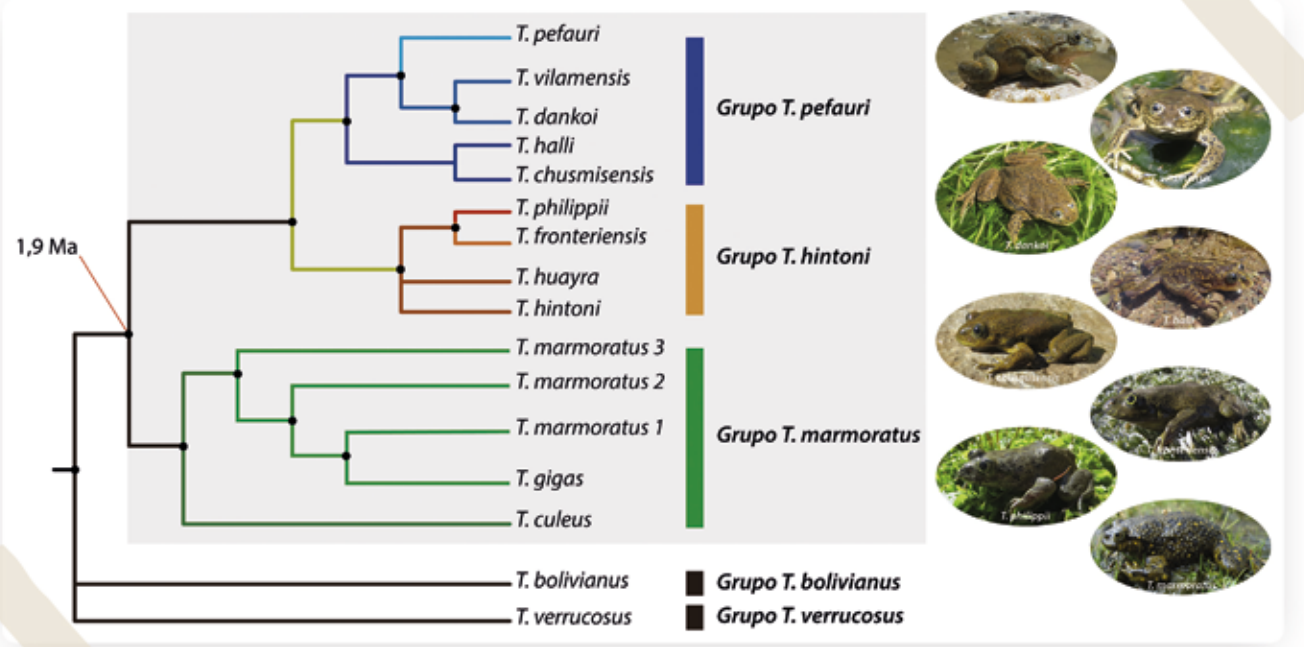


Figura 3. Árbol filogenético de las especies de *Telmatobius* que habitan en Chile y Bolivia, basado en marcadores genéticos del ADN mitocondrial. En gris se observa el linaje de especies que habitan en el Altiplano Andino y región de la Puna, y que se habría originado hace 1,9 Ma (Millones de años). *T. marmoratus* 1 = poblaciónes del Parque Nacional Sajama (Bolivia) y Quebe, Qda. Tana e Isluga (Chile); *T. marmoratus* 2 = Parinacota, Lauca, Chungará, Caquena (Chile) y *T. peruvianus*; *T. marmoratus* 3 = poblaciones de La Paz (Bolivia), Cancosa y Colpa (Chile). Se muestran las fotografías de las especies chilenas.

Las estimaciones de los tiempos de divergencia basados en la filogenia han revelado que las especies que habitan los ambientes altoandinos se habrían originado hace alrededor de 1,9 Ma, en el Pleistoceno, y que descienden de ancestros relacionados con especies que habitaron los bosques de los Andes orientales hace 10 Ma (*Telmatobius verrucosus* y *T. bolivianus*). Al contrastar esta información con datos geológicos de la región altoandina, es posible inferir que la historia evolutiva de estas especies está íntimamente relacionada con la última fase del levantamiento de la Cordillera de los Andes, así como con una intensa actividad volcánica. Además, la información paleoclimática (datos del clima de épocas antiguas) sugiere que diversos ciclos climáticos, como las glaciaciones, también habrían influenciado la diversificación de las especies de *Telmatobius*.

Conclusiones

En Chile el grupo *Telmatobius* está representado por tres grupos o linajes: a) *T. marmoratus*, b) *T. hintoni*, y c) *T. pefauri*. Además, el origen de las especies de *Telmatobius* que habitan los ambientes altoandinos se remontaría al Pleistoceno, y estaría asociado a diversos procesos geológicos y climáticos.

El linaje formado por *T. marmoratus* es el más ampliamente distribuido en los ambientes altoandinos de Chile, en las regiones de Arica-Parinacota y Tarapacá, encontrándose también en la región altiplánica de Bolivia y Perú. El linaje de *T. hintoni* incluye especies que habitan ambientes altoandinos de Chile, en la Región de Antofagasta y Bolivia, mientras que el linaje de *T. pefauri*, está compuesto por un grupo de especies que son endémicas de Chile, es decir, sólo se encuentran en nuestro país. Una de estas especies es la ranita del Loa (*T. dankoi*).

Las ranas del género *Telmatobius* forman parte importante de la biodiversidad de los ecosistemas altoandinos y se encuentran fuertemente amenazados debido a la actual crisis de la biodiversidad que está provocando la extinción de miles de especies a tasas nunca antes conocidas. Los anfibios son el grupo más afectado por esta crisis de la biodiversidad, ya que sus especies están desapareciendo a tasas más elevadas que otros vertebrados como las aves y los mamíferos. Esto se debe a caracteristicas como su dependencia al medio acuático y a

la sensibilidad de su piel, ya que son capaces de respirar a trevés de ella. Factores como el cambio climático, las enfermedades infecciosas, la introducción de especies exóticas y el uso no sustentable de los recursos naturales, han llevado a algunas especies al borde de su extinción, como es el caso de la ranita del Loa.

Finalmente, aún existen muchos desafíos de investigación para conocer aspectos de la historia natural de estas especies (biología reproductiva y ecología, entre otros), los que nos permitirán predecir cómo las amenazas actuales afectan a estas especies. Es nuestra responsabilidad conocer, poner en valor y proteger la diversidad de organismos que son el producto de millones de años de evolución y que ahora, por nuestra acción se ven amenazadas. Además, no debemos olvidar que todos los organismos, incluyendo los *Telmatobius*, forman parte de un sistema complejo de redes de interacciones de las que nosotros también somos parte.

Referencias

Barrionuevo JS, Baldo D. 2009. A new species of *Telmatobius* (Anura, Ceratophryidae) from Northern Jujuy Province, Argentina. Zootaxa 2030: 1-20.

Cei JM. 1986. Speciation and adaptative radiation in Andean *Telmatobius* frogs. En: Vuilleumier, F and Monasterio, M. High altitude tropical biogeography, New York, Oxford Univ. Press. Pp. 374-386.

De La Riva I, García-París M, Parra-Olea G. 2010. Systematics of Bolivian frogs of the genus *Telmatobius* (Anura, Ceratophryidae) based on mtDNA sequences. Systematics and Biodiversity 8: 49–61.

Duellman WE. 1979. The herpetofauna of the Andes: patterns of distribution, origin, differentiation, and present communities. En: Duellman W.E. The South American Herpetofauna: its origin, evolution, and dispersal. University of Kansas Museum of Natural History Monograph 7: 371–459.

Frost DR. 2020. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (Date of access). Electronic Database accessible at http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html. American Museum of Natural History, New York, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001

Lavilla E. 1985. Diagnosis genérica y agrupación de las especies de *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) en base a caracteres larvales". Physis (Buenos Aires) Sección B, 43: 63-67.

Mayr E. 1969. Principles of Systematic Zoology. New York: McGraw-Hill, 428p.

Simpson GG. 1961. Principles of Animal Taxonomy. New York: Columbia Univ. Press, 247p.

Sáez PA, Fibla P, Correa C, Sallaberry M, Salinas H, Veloso A, Mella J, Iturra P, Méndez MA. 2014. A new endemic lineage of the Andean frog genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. Zoological Journal of the Linnean Society 171: 769–782.

Trueb L. 1979. Leptodactylid frogs of the genus *Telmatobius* in Ecuador with the description of a new species. Copeia 4: 714–733.

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.

Wiley EO, Lieberman BS. 2011. Phylogenetics: Theory and Practice of Phylogenetics Systematics, 2nd Edition. New Jersey: Wiley-Blackwell, 432p.

Antecedentes ecológicos del género *Telmatobius*

Gabriel Lobos[1],[2]

[1]Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, Calama, Chile.

[2]Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

Introducción

Los ambientes de altura del sur de Sudamérica, constituyen el hábitat de un grupo de ranas del género *Telmatobius* Wiegmann 1834, anfibios que se han especializado para vivir en condiciones de gran altitud, radiación y sequedad (Capurro 1954, Lavilla 2005, Veloso 2006). Este género de ranas, se distribuye en bofedales, vegas, lagos, ríos y salares, con una distribución que comprende entre los 5° a los 27° de latitud sur (Ecuador y norte de Argentina). En este rango, se describen 61 taxa (Frost 2015), de las cuales 10 se encuentran en Chile, las que presentan rasgos de vida totalmente acuáticos y muestran un alto grado de endemismo (Veloso 2006, Méndez y Correa 2008, Correa et al. 2011). A continuación, se presentaran antecedentes disponibles para algunas especies de este género en Chile, con el objetivo de contribuir al conocimiento de la historia natural de estas ranas.

Fotografía 1. *Telmatobius* **cf.** *philippii* **Salar de Ascotán.**

Fotografía 2. *Telmatobius dankoi* ranita del Loa.

Fotografía 3. Estero de Vilama, San Pedro de Atacama.
Hábitat de *Telmatobius vilamensis*.

Resultados y discusión

Distribución y hábitat

La mayoría de las especies presentan hábitats restringidos. Así por ejemplo, *Telmatobius cf. fronteriensis* corresponde a una especie que vive en ambientes lenticos (aguas quietas) del Salar de Ascotán (Lobos et al. 2018). Ella estuvo presente en solo 6 de las 11 vertientes de este Salar, que corresponden a aquellas que presentaron una cobertura vegetacional terrestre de un 42 a 90 %, cobertura de plantas acuáticas entre un 36 a 83% y profundidad de la columna de agua de 28 a 57 cm (lo suficiente para que los refugios queden bajo el agua). Las ranas, fueron capturadas en oquedades (hoyos) que se localizan en las zonas ribereñas de las vertientes, bajo el agua y entre la vegetación acuática. Escasos ejemplares fueron vistos fuera de estos refugios, al menos, durante el día. Dentro de las oquedades se colectaron adultos, larvas y huevos.

Otra especie corresponde a *T. dankoi* (Lobos et al. 2016), la que habita en aguas lóticas (con escorrentía) y que solo ha sido observada en un arroyo próximo al sector de las Cascadas de Calama. El arroyo es pequeño (profundidad de 20 a 47 cm, ancho máximo de 50 a 60 cm), presentó una alta escorrentía y con una alta cobertura de juncos (60 a 90%). Estas ranas también habitan en oquedades dentro del agua y entre los juncos.

Fotografía 4. Vertiente en Salar de Ascotán.

Fotografía 5. Estudio del hábitat de *Telmatobius cf philippii* en Salar de Ascotán.

Microhábitat

En el salar de Ascotán, se registró temperaturas del agua que se pueden considerar en rangos medios a elevados, en relación a las ambientales (debido al carácter termal de las surgencias que alimentan las vertientes). El agua presentó una alta oxigenación (7,2 a 12,2 $mg*L^{-1}$), los pH fueron alcalinos (8,0 a 8,7), los valores de conductividad eléctrica (salinidad del agua), fueron medios (entorno a los 3.000 $\mu S*cm^{-1}$), los niveles de solidos disueltos totales fueron altos (elementos que están suspendidos en la columna de agua, valores entre 1.400 a 4.520 $mg*L^{-1}$) y los valores de la turbidez del agua fueron fluctuantes (lo que se relaciona con la transparencia del agua, valores entre 0,73 a 9,79 NTU). La conductividad eléctrica en la que se encontraron las ranas, corresponde a la que se registran en las proximidades de las surgencias de las vertientes, lo que representa una distribución restringida a un 1,44 % de la superficie del salar.

Fotografía 6. Medición de parámetros físicos en el agua.

Fotografía 7. Estudio de dieta, por medio de técnica de lavado gástrico.

Para *T. dankoi* (Lobos et al. 2016), se registró temperaturas del agua que fueron significativamente más bajas que las ambientales (entorno a los 15° considerando el carácter desértico del ambiente circundante). El agua presentó una alta oxigenación (6,47 $mg^{*}L^{-1}$), los pH fueron alcalinos (7,55-7,75), los valores de conductividad eléctrica (salinidad del agua) alcanzaron valores altos (5.590 a 6.750 $\mu S^{*}cm^{-1}$), presentaron altos niveles de solidos disueltos totales (2.780 a 3.670 $mg^{*}L^{-1}$) y valores bajos de turbidez del agua (2,45 a 4,48 NTU).

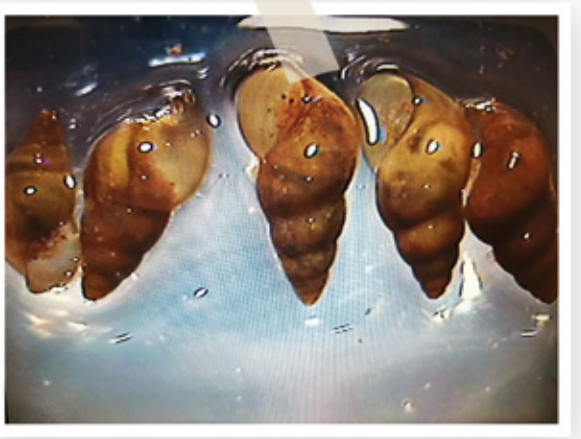
Densidad

La densidad de ranas en el Salar de Ascotán (individuos por superficie) fue variable, en algunas vertientes fue baja (con densidades de 0 a 2,8 individuos/m^2), mientras en otras, fue alta (densidades entre 1,8 a 9 individuos/m^2). El estudio de Lobos et al. (2018) estimó un promedio total de 69.506 ranas para todo el Salar, con la mitad de individuos en una sola vertiente (vertiente 7, la que se encuentra en mejor condición ambiental). El patrón de baja densidad, también ha sido reportado en otra especie con hábitat restringido como *T. dankoi* (Lobos et al. 2016), donde se reportó densidades que variaron entre 1,28 ranas/m^2 y 0,32 ranas/m^2, estando presentes solo a lo largo de 750 m del arroyo (con un largo total de 1.150 m); estimándose una población no mayor a 600 animales. En las poblaciones del Salar, no se registraron diferencias por sexo, tallas ni pesos, aunque específicamente, las hembras más longevas destacaron por sus mayores tamaños (la hembra más grande alcanzó una masa de 59 gramos contra 25 de un macho adulto, y una talla de 85 mm versus 58). En el caso de *T. dankoi*, no se registró diferencias por sexo.

Dieta

El índice de importancia relativa de las presas consumidas IRI, es un indicador que permite conocer cuáles son las presas más importantes que consume un animal, pues considera el número de presas consumidas, el número de predadores que consumió a una determinada presa y el volumen de las presas (su tamaño). En este sentido, las ranas del Salar de Ascotán (Lobos et al. 2018) presentaron mayores IRI para Hydrobiidae (caracol de agua dulce) y Hyalellidae (crustáceo de pequeño tamaño). Al comparar la abundancia de las presas

Fotografía 8. Microcrustáceo del genero Hyalellidae principal ítem alimentario en *Telmatobius*.



Fotografía 9. Caracoles del genero Hydrobiidae, importante recurso usado por *Telmatobius*.

consumidas, con su abundancia en el ambiente, se observó un consumo que no guarda relación con la abundancia de presas disponibles. En términos generales, es posible considerar a *Telmatobius* como un predador selectivo, lo que también ha sido reportado para *T. dankoi* (Lobos et al. 2016), donde de acuerdo al IRI la principal presa fue Hyalellidae, y de acuerdo a su abundancia en el ambiente, también fue consumida en una proporción mayor a su disponibilidad ambiental. En este contexto, a pesar de que la especie habita en un ambiente extremo, ello no determina una dieta generalista (que consuma las presas más abundantes en el sistema), reconociéndose que los predadores selectivos frecuentemente dedican mucho tiempo a buscar o esperar la presa más rentable en términos de energía neta (Bozinovic y Medel 1988).

Actividad Reproducticva

En el Salar de Ascotán (Lobos et al. 2018), se observó presencia de larvas durante todo el año, encontrándose en invierno (junio), un predominio de estadios más viejos. La presencia

Fotografía 8. . Larva de desarrollo avanzado en *Telmatobius* del Salar de Ascotán.

de larvas con estadios de desarrollo avanzado en invierno, y la sobreposición de estadios tempranos y de mayor desarrollo en las otras épocas del año, podría estar indicando que las larvas requieren de más de un año para alcanzar su metamorfosis. Lo anterior se refuerza, con la presencia de larvas de gran tamaño y que ha sido reportado en otros anfibios altoandinos (Corbalán et al. 2014).

En relación a la actividad nupcial de las ranas (cantos y coros), el mayor registro de coros fue entre 2 a 5 am, cuando la temperatura ambiental fue baja en el Salar (entre 0 a 4 °C). Durante el día, la actividad de coros fue ocasional. Una posible explicación, es el carácter termal de las vertientes, lo que favorece la mantención de una temperatura óptima y estable en el ambiente acuático. Cabe señalar que en invierno, las temperaturas ambientales en este salar pueden alcanzar los -20° C (Keller y Soto 1998).

Conclusiones

Las ranas altoandinas del genero *Telmatobius*, en la mayoría de las especies, presentan hábitats restringidos. Incluso especies con distribuciones amplias, como *T. chusmisensis* (región de Tarapacá), presentan distribuciones acotadas a ciertos cursos de aguas y microhábitats. Un caso extremo son los microendemismos, como ocurre como *T. dankoi*, restringido a un hábitat menor a 1 km2. Un aspecto biológico interesante, es la capacidad de estos anfibios para habitar en aguas con carácter salino, donde especies como *T. dankoi* se encuentran en rangos cercanos a los 6.750 $\mu S^{*}cm^{-1}$. De acuerdo al tipo de presas consumidas, es posible indicar que las ranas seleccionan el alimento y su conducta de alimentación se orienta a presas presentes en el fondo de los cursos y cuerpos de agua, y que corresponden a presas lentas. Poco sabemos de la actividad reproductiva, pero todo indica que las larvas de estos anfibios, requieren más de un año para desarrollarse. De este modo, este género aparece como especialista de hábitat, dieta y desarrollo reproductivo largo, lo que en su conjunto, contribuye a su vulnerabilidad frente a los cambios ambientales, tanto a nivel local, como global.

Referencias

Bozinovic F, Medel R. 1988. Body size, energetic and foraging mode of raptors in central Chile: an inference. Oecologia, 75:456-458.

Capurro L. 1954. El género *Telmatobius* en Chile. Revista Chilena de Historia Natural 3: 31-40.

Corbalán V, Debandi G, Martínez F, Úbeda C. 2014. Prolonged larval development in the critically endangered Pehuenche's frog *Alsodes pehuenche*: implications for conservation. Amphibia-Reptilia, 35(3): 283-292.

Correa C, Cisternas J, Correa M. 2011. Lista comentada de las especies de anfibios de Chile (AMPHIBIA: ANURA). Boletín de Biodiversidad de Chile, 6: 1–21.

Frost D. 2015. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0. New York: American Museum of Natural History.

Keller B, Soto D. 1998. Hydrogeologic influences on the preservation of *Orestias ascotanensis* (Teleostei: Cyprinodontidae), in Salar de Ascotán, northern Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71:147-156.
Lavilla E. 2005. Lista sistemática y bibliografía comentada sobre el género *Telmatobius*. Monografías Herpetológicas 7:283-349.

Lobos G, Rebolledo N, Charrier A, Rojas O. 2016. Natural history notes of *Telmatobius dankoi* (Anura, Telmatobiidae), a critically endangered species from northern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environmental: http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2016.1203519

Lobos G, Rebolledo N, Sandoval M, Canales C, Perez-Quezada JF. 2018. Temporal gap between knowledge and conservation needs in high Andean Anurans: The case of the Ascotán salt flat frog in Chile (Anura, Telmatobiidae). South American Journal of Herpetology 13(1): 33-43.

Méndez M, Correa C. 2008. Diversidad de especies: Anfibios (cap 2, p284-289) En: CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y desafíos. Ocho Libros editores. Santiago (Chile). 640 pp.

Veloso A. 2006. Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. In: Vila I, Veloso A, Schlatter R, Ramírez C, editores. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago (Chile). p. 103-140.

Amenazas globales y locales en la conservación de los *Telmatobius* altoandinos de Chile

Gabriel Lobos[1],[2]

[1]Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, Calama, Chile.

[2]Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

Introducción

Durante el desarrollo del primer congreso mundial de Herpetología (1989), se posicionó en la agenda científica, la preocupación respecto a que las poblaciones de anfibios estarían declinando en diferentes localidades del planeta (Barinaga 1990). Desde entonces, los anfibios se han convertido en un grupo centinela de procesos complejos, como el calentamiento global de la tierra o el deterioro de la capa de ozono, entre otros problemas ambientales.

Alford y Richards (1999), han resumido las principales causas implicadas en la declinación de anfibios a nivel mundial, destacándose que la situación en Latinoamérica ha sido poco estudiada. En Chile, el estatus de la declinación aún es desconocido y muchos de los factores mencionados en otras latitudes (la mayoría globales) podrían estar afectando a las especies del país.

El siguiente trabajo tiene como objetivos profundizar en las causas implicadas en la declinación de anfibios y ver como ellas afectan al género *Telmatobius*.

Causas de declinación de anfibios

UV-B Radiación

La depleción en el ozono estratosférico, ha sido considerada como un importante factor de riesgo para las poblaciones anfibias, debido a que favorece un aumento de la radiación UV-B (280-315 nm), la que podría ser dañina para el desarrollo de huevos y embriones (Alford et al. 1999). Sin embargo, no todos las especies responden de la misma forma frente a la exposición

de radiación, lo que sugiere distintas capacidades en los sistemas enzimáticos reparadores de la fotólisis. Así por ejemplo, en España, *Bufo bufo* aparece como una especie sensible a este tipo de radiación, a diferencia de *Bufo calamita* que no mostraría sensibilidad (Lizana y Pedraza 1998). El potencial impacto de las radiaciones UV-B en las poblaciones de anfibios, ha sido señalado como un factor que en la actualidad estaría determinando los patrones de distribución de algunas especies (Adam at al. 2005). No obstante, la historia natural de cada especie es fundamental para evaluar el riesgo a la radiación (sitios de ovoposición, hábitos de vida, entre otros). En este sentido, un factor crítico es la falta de conocimiento de ellas. En el caso de Chile, se carece de antecedentes sobre el impacto de este factor en los anfibios del país, aunque gran parte del cono sur de Sudamérica se localiza en un área que presenta una importante depleción en el ozono estratosférico (Farman et al. 1985). En este contexto, las especies de *Telmatobius*, habitan en zonas de alta radiación, por lo que la integridad de sus ecosistemas acuáticos (caudal, profundidad, vegetación aledaña, entre otras) es fundamental para su conservación.

Enfermedades

Cada vez hay más información respecto al rol de las enfermedades presentes en las poblaciones de anfibios, y con fuerza, se sugiere que enfermedades emergentes estarían involucradas en el proceso de declinación. Uno de los agentes más estudiado ha sido el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, asociado por primera vez a la muerte en masa de anfibios por Berger et al. (1998). En la actualidad, existe gran preocupación porque especies invasivas como la rana toro Rana castesbeiana (Mazzoni et al. 2003) y el sapo africano *Xenopus laevis* (Weldon et al. 2004), podrían estar actuando como vectores de la enfermedad. En este sentido, un estudio realizado por Daszak et al. (2004), demostró que la rana toro es resistente a este agente y que puede transmitirlo a otros anfibios sin atenuar la virulencia del agente. El hongo *Saprolegnia ferax* (Pound 2001) también ha sido asociado a declinación de *Bufo boreas* en Norteamérica. Otros agentes, como la bacteria *Aeromonas hydrophila*, ha sido asociada a la declinación de *B. boreas* en Estados Unidos (Carey 1993). Un elemento clave en muchos de los casos atribuidos a enfermedades, es el hecho de que animales sanos son portadores de estos agentes, sin evidenciar signos clínicos de enfermedad, lo que sugeriría que factores estresantes podrían

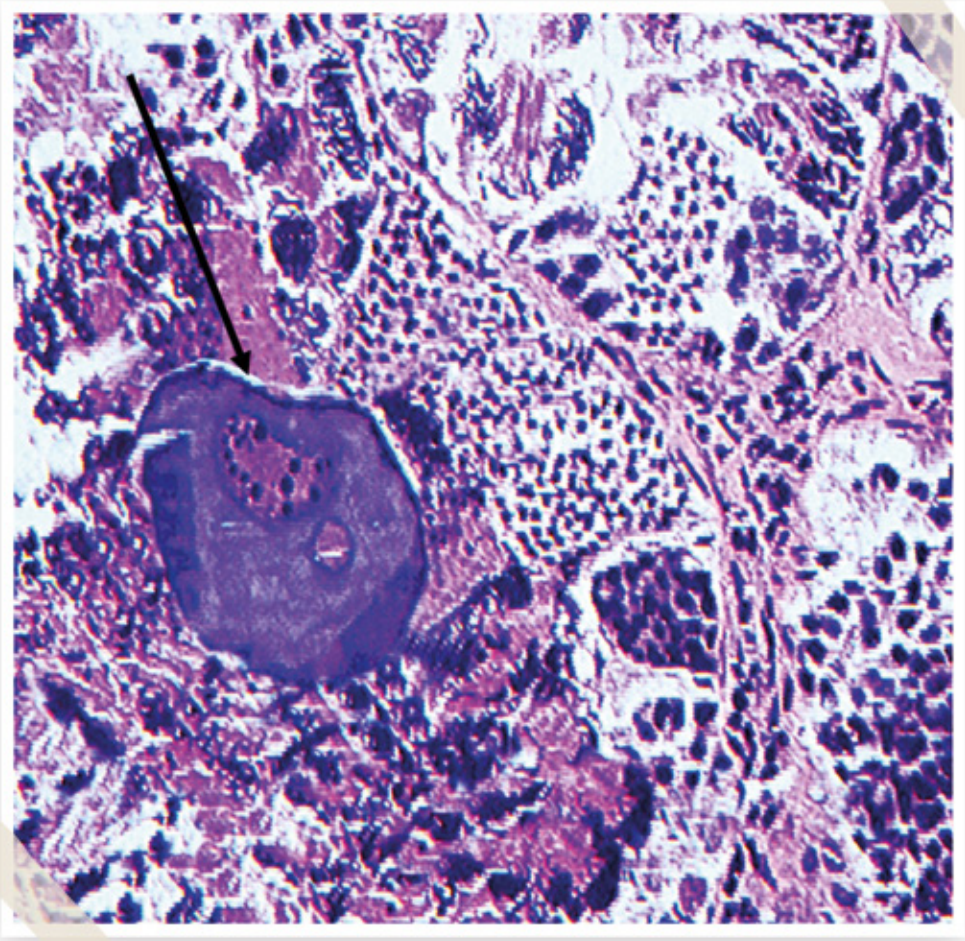
desencadenar cuadros agudos. En este sentido, Pound et al. (2006) señalan que el cambio del clima a nivel global, estaría generando un escenario óptimo para el desarrollo y transmisión de agentes infecciones como el hongo *Batrachochytrium*.

En este sentido, la situación para *Telmatobius* en Chile es preocupante, pues existe evidencia de poblaciones afectadas por este patógeno (Solís et al. 2015).

Sustancias tóxicas

Contaminantes ambientales generan fuertes impactos en las comunidades anfibias, pues hay evidencia que afectaría el sistema inmune, causando infertilidad, malformaciones, feminización y alteración de las redes tróficas. Debido a que parte importante de la vida de muchos anfibios transcurre en el medio acuático, ello los hace vulnerables a la presencia de sustancias tóxicas en el agua. Hay antecedentes que informan que pesticidas como la atrazina estarían relacionados a cambios hormonales (denominados como disruptores endocrinos) de difícil detección (Withgott 2002). Estos, han sido asociados a la generación de machos hermafroditas (con cambios en la producción de andrógenos hacia estrógenos y daño gonadal). Diversos pesticidas estarían relacionados con deformaciones en ranas (Netting 2000) y en una mayor vulnerabilidad de los renacuajos a ser predados (Boone y Semlitsh 2001). Por otra parte, el cambio en el pH del agua (natural en deshielos o inducido por lluvias ácidas), tendría un efecto sinérgico con la exposición a radiación solar, lo que ha sido demostrado en condiciones de laboratorio para Rana pipiens. En este sentido, se ha reportado declinación de anfibios en sitios de reproducción con pH bajo, y en zonas donde el ozono estratosférico se ha repletado a un ritmo de 3-5% entre 1979 y 1992 (Long et al. 1995). Del mismo modo, habría que señalar el efecto que tienen metales como el aluminio, el que asociado a bajos pH, tiene efectos nocivos para la reproducción.

En el caso del género *Telmatobius* en Chile, muchas de las especies habitan en zonas con altos niveles de minerales y metales pesados, lo que evidencia una adaptación de estos animales a estas condiciones naturales dada por la naturaleza de los suelos. No obstante, la cercanía a faenas industriales (minería metálica y no metálica), podría poner en riesgo a esas poblaciones en caso de potenciales episodios de contaminación.



Fotografía 1. Sección histológica de un testículo de rana africana, *Xenopus laevis*, con presencia de un oocito (gameto femenino) en los túbulos seminíferos (indicado por la flecha), producto de disruptores endocrinos. Tomado de Larenas et al. 2014.

Especies invasoras

Una invasión biológica ocurre cuando diversos organismos son trasladados a nuevas áreas donde ellos logran proliferar, acción que ha sido favorecida en los últimos años por el creciente comercio y desplazamiento de seres humanos en el planeta. Para Chile, Iriarte et al. (2005) reportan 26 especies exóticas de peces de aguas continentales y 24 de vertebrados terrestres, hasta el año 2005. En el caso de los ambientes del norte de Chile, destacan, al menos, dos especies de peces que pueden afectar al género *Telmatobius*.

Una de estas especies es *Gambusia holbrooki* (mosquitofish), pequeño pez originario de Norteamérica; su gran voracidad por insectos llevó a introducir esta especie en muchos países para el control de mosquitos. En Chile, se introdujo en 1930 y hoy se distribuye entre las regiones de Arica-Parinacota a la región de los Lagos (Iriarte et al. 2005). Destaca que en el país no se haya dado gran importancia a este pez, respecto a su potencial impacto en las comunidades acuáticas nativas. En California, algunos estudios apuntan a que la Gambusia sería responsable de la declinación de algunos anfibios por predación de huevos y larvas (Lawler et al. 1999).

La segunda especie corresponde a la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), un salmónido introducido desde el Hemisferio Norte. La distribución natural de *O. mykiss* abarca desde el mar de Bering (Alaska) a Baja California en USA. Fue introducida en Chile, en 1905. Posteriormente, han ocurrido numerosas introducciones con el objetivo de reforzar el establecimiento de sus poblaciones (Riva Rossi et al. 2004). En relación a la introducción de truchas, especial atención ha recibido la situación del Lago Titicaca (Perú y Bolivia) donde el desarrollo de pesquerías basadas en salmónidos ha puesto en serio peligro a las poblaciones de peces nativos de este lago (genero Orestias Vila et al. 2007). En la Puna Argentina se documenta la declinación de tres especies de ranas del genero *Telmatobius* en la provincia de Tucumán (Argentina), por introducción de *O. mykiis* (Barrionuevo y Ponssa 2008). En el mismo sentido, en la Reserva Nacional de Junín en Perú (4080 a 4546 msnm), se registró una asociación negativa entre presencia *O. mykiss* y *T. macrostomus* especie En Peligro; probablemente por el impacto sobre los renacuajos (Watson et al. 2017). En Chile, la trucha arcoíris se expandido

Fotografía 2. Alevines (juveniles) de trucha arcoíris capturados en el altiplano chileno.

rápidamente por las tierras altas de la Puna y Altiplano; constituyendo una seria amenaza para los anfibios del genero *Telmatobius*.

Cambio climático

Alteraciones locales, debido al cambio climático del planeta, han sido relacionadas con la declinación de numerosas especies. Así por ejemplo, la desaparición de *Bufo periglenes* en el bosque de Monteverde, Costa Rica, ha sido asociada a una disminución de las lluvias en el área

durante los últimos 20 años (Alford et al. 1999). En este sentido, el incipiente calentamiento del planeta podría afectar directamente a especies que requieren de ambientes muy húmedos. Además, se sospecha de relaciones más complejas, en que este factor se asocia a patógenos, estrés y mayor exposición a radiación solar por la menor profundidad de la columna de agua en los sitios de reproducción (Pound 2001). De este modo, el complejo fenómeno del cambio global, puede tener importantes consecuencias a nivel de los microhábitats utilizados por los anfibios, pero también, en la facilitación de otros factores como la aparición de enfermedades emergentes, pues las nuevas condiciones ambientales, estarían facilitando la expansión de agentes como el hongo *Batrachochytrium* (Pound et al. 2006). En el caso de la Puna, se espera que el calentamiento del planeta, se asocie a una mayor sequía y a eventos de fuertes precipitaciones concentradas en cortos periodos de tiempo, lo que favorecería la formación de aluviones que arrasan con los ecosistemas acuáticos.

Perdida de hábitat

La destrucción directa de los hábitats de los anfibios, es sindicada como la principal causa de declinación (Beebe 1977). La desecación de humedales, tala de bosques, represas, contaminación, son responsables de la desaparición de poblaciones locales e incluso a escalas mayores. En Chile, el género *Telmatobius* se caracteriza por que la mayor parte de sus especies están restringidas a quebradas y salares, donde existe una muy fuerte demanda por el recurso hídrico (riego, minería, consumo). Los pequeños rangos de distribución de varias de las especies de este género, junto a la fuerte demanda de agua, constituyen un importante factor de riesgo para estas ranas altoandinas (Formas et al. 2005).

Conclusiones

El silencio de las charcas, ha despertado la alarma tanto de científicos como naturalistas (Barinaga 1990), respecto a los complejos procesos que subyacen bajo el fenómeno de declinación global de anfibios. Hasta ahora, la declinación se ha centrado en la pérdida de especies, no obstante, los anfibios cumplen roles ecológicos de gran importancia, por lo que su desaparición puede ocasionar impactos sistémicos, complejos de dimensionar, tanto en

Fotografía 3. Vertiente en Salar de Ascotán. Luego de sufrir un proceso de desecación se intenta su recuperación por medio de riego por goteo.

los medios acuáticos, como en los terrestres donde ellos viven (Whiles et al. 2006). En este sentido, los expertos, han sugerido medidas como la creación de grupos expertos en brotes de enfermedades, programas tendientes a realizar conservación *ex situ* y reintroducciones.

Referencias

Adams MJ, Blake R, Hossack BR, Knapp RA, Corn PE, Diamond SA, Trenham PC, Fagre DB. 2005. Distribution patterns of lentic-breeding amphibians in relation to ultraviolet radiation exposure in western Norh America. Ecosystems 8(5): 488-500.

Alford RA, Richards SJ. 1999. Global amphibians declines: A problem in applied ecology. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 30: 133-165

Barinaga M. 1990. Where have all the frog-gies gone? Science 247: 1033-1034.

Barrionuevo JS, Ponssa LM. 2008. Decline of three species of the genus *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Tucumán province, Argentina. Herpetologica 64 (1): 47-62.

Berger L, Speare R, Daszak P, Green DE, Cunningham AA, Goggin CL, Slocombe R, Ragan MA, Hyatt AD, McDonald, KR, Hines HB, Lips KR, Marantelli G, Parkes H. 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forest of Australia and Central America. Proceedings of the National Academy of Science, USA 95: 9031-9036.

Beebee TJ. 1977. Enviromental change as a cause of Natterjack Toad *Bufo calamita* declines in Britain. Biological Conservation 11: 87-102.

Boone MD, Semlitsh RD. 2001. Interactions of an insecticide with larval density and predation in experimental amphibian communites. Conservation Biology 15(1): 228-238.

Carey CL. 1993. Hypothesis concerning the causes of the disappearance of boreal toads from the mountains of Colorado. Conservation Biology 7: 355-362.

Daszak P, Strieby A, Cunningham AA, Longcore JE, Brown CC, Porter D. 2004. Experimental evidence that the bullfrog (*Rana catesbeiana*) is a potencial carrier of chytridiomycosis, an emerging fungal disease of amphibians. Herpetological journal 14: 201-207.
Farman JC, Gardiner BG, Shanklin JD. 1985. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/Nox interaction. Nature 315: 207-210.

Formas JR, Veloso A & Ortiz JC. 2005. Sinopsis de los *Telmatobius* de Chile. Monografías de Herpetología 7: 103-114.

Iriarte JA, Lobos GA, Jaksic FM. 2005. Invasive vertebrate species in Chile and their control and monitoring by governmental agencies. Revista Chilena de Historia Natural 78: 143-154.

Larenas J, Jaque M, Bustos – López C, Robles C, Lobos G, Mattar C, Valdovinos C. 2014. Histopathological findings in Gonads of *Xenopus laevis* from Central Chile. GAYANA 78 (1): 54-57.

Lawler SP, Dritz D, Strange T, Holyoak M. 1999. Effects of introduced mosquitofish and bullfrogs on the threatened California Red Legged frog. Conservation Biology 13 (2): 613-622.
Lizana M, Pedraza EM. 1998. The effects of UV-B radiation on toad mortality in mountainous areas of central Spain. Conservation Biology 12 (3): 703-707.

Long LE, Saylor LS, Soulé ME. A pH/UV-B synergism in amphibians. 1995. Conservation Biology 9(5): 1301-1303.

Mazzoni R, Cunningham AA, Daszak P, Apolo A, Perdomo E, Speranza G. 2003. Emerging pathogen of wild amphibians in frogs (*Rana castesbeiana*) farmer for international trade. Emerging Infectious Diseases 9(8): 995-998.

Netting J. 2000. Pesticide implicated in decling frog numbers. Nature 408: 760.
Pound, A. 2001. Climate and amphibian declines. Nature 410: 639-640.

Pounds JA, Bustamante MR, Coloma LA, Consuegra JA, Fogden MPL, Foster PN, La Marca E, Masters KL, Merino-Viteri A, Puschendorf R, Ron SR, Sánchez-Azofeifa GA, Still CJ, Young BE. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. Nature 439: 161-167.
Riva Rossi CM, Lessa EP, Pascual MA. 2004. The origin of introduced rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Santa Cruz River, Patagonia, Argentina, as inferred from mitochondrial DNA. Can J Fish Aquat Sci 61:1095–1101.

Solís R, Penna M, De la Riva I, Fisher MC, Bosch J. 2015. Presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in anurans from the Andes highlands of northern Chile. Herpetological journal 24: 55-59.

Vila I, Pardo R, Scott S. 2007. Freshwater fishes of the Altiplano. Aquatic Ecosystem Health & Management, 10, 201-211.

Watson AS, Fitzgerald AL, Baldeón OJD, Elías RK. 2017. Habitat characterization, occupancy and detection probability of the Endangered and endemic Junín giant frog *Telmatobius macrostomus*. Endangered species research (32): 429-436.

Weldon C, Du Preez LH, Hyatt AD, Muller R, Speare R. 2004. Origin of the amphibian Chytrid fungus. Emerging Infectious Diseases 10(12): 2100-2105.

Whiles MR, Lips KR, Pringle CM, Kilham SS, Bixby RJ, Brenes R, Connelly S, Colon-Gaud JC, Hunte-Brown M, Huryn AD, Montgomery C & Peterson S. 2006. The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. Frontiers in Ecology and the Environment 4 (1): 27-34.

Withgott J. Ubiquitous herbicide emasculates frogs. 2002. Science 296: 447-448.

Quitridiomicosis como amenaza a la conservación de *Telmatobius*

Dr. Claudio Azat[1]
[1]Co-Presidente Chile del Grupo de Especialistas de Anfibios IUCN

La quitridiomicosis es una enfermedad infecciosa causada por los hongos quítridos *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) y *B. salamandrivorans* (*Bs*). La enfermedad fue descubierta el año 1998 en anfibios de Australia y Costa Rica (Berger et al. 1998). Después de su descubrimiento, ha sido reconocida como un factor clave en la disminución poblacional de anfibios en algunas regiones del mundo.

El ciclo de vida de *Bd* consiste de dos fases: zoosporas móviles uniflageladas de vida libre y acuática, y el talo estacionario que se desarrolla convirtiéndose en un zoosporangio inmóvil intracelular. Las zoosporas invaden el tejido queratinizado de los anfibios como partes bucales de larvas y la piel de anfibios posterior a la metamorfosis donde se desarrollan los zoosporangios, los que a su vez producen una alta cantidad de nuevas zoosporas (4-150) que son liberadas al ambiente a través de tubos de descarga. *Bd* infecta las capas superficiales de la piel de los anfibios susceptibles y los individuos que desarrollan la enfermedad exhiben hiperqueratosis o, engrosamiento de la piel, lo que lleva a una pérdida de la capacidad osmorregulatoria y a la pérdida de electrolitos, pudiendo causar la muerte por un paro cardiaco (Berger et al. 1998).

Quitridiomicosis y el género *Telmatobius*
El genoma de aislados recientes de *Bd* recolectados en Chile indican que el hongo presente en el país pertenece al genotipo BdGPL (Valenzuela-Sánchez et al. 2018). Este linaje hipervirulento de *Bd* ha afectado especialmente al género *Telmatobius* (Solís et al. 2015, Scheele et al. 2019). La evidencia indica que en Chile las especies *T. chusmisensis*, *T. marmoratus* y *T. pefauri*, están siendo impactadas por el *Bd* (Scheele et al. 2019). Por otro lado si bien en poblaciones de: *T. dankoi*, *T. fronteriensis*, *T. halli*, *T. philippi* y *T. vilamensis*, han demostrado resultados negativos a *Bd*, es posible que esto deba a su condición de microendemismo y aislamiento lo que implica que se mantiene como una amenaza latente (Figura 1).

Conservación

Aunque la erradicación de *Bd* parece muy difícil de alcanzar, existe un ejemplo exitoso para la Isla de Mallorca, isla semiárida ubicada en el Mediterráneo (Bosch et al.

2015). En Chile, una extensa área del altiplano parece estar libre de *Bd*. De esta forma, resulta recomendable la implementación de programas de educación y medidas bioseguridad (Figura 2) orientadas al control y prevención de nuevos ingresos de *Bd* al territorio nacional, en particular en las áreas libres del hongo patógeno (Bacigalupe et al. 2019).

Referencias

Bacigalupe LD, Vasquez I, Estay S, Valenzuela-Sánchez A, Alvarado-Rybak M, Peñafiel-Ricaurte A, Cunningham AA, Soto-Azat C. 2019. *Batrachochytrium dendrobatidis* in a biodiversity hotspot: identifying and validating high-risk areas and refugia. Ecosphere 10: e02724.

Berger L, Speare R, Daszak P, Green DE, Cunningham AA, Goggin CL, Slocombe R, Ragan MA, Hyatt AD, McDonald KR, Hines HB, Lips KR, Marantelli G, Parkes H. 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. P. Natl. Acad. Sci. USA 95: 9031-9036.

Bosch J, Sanchez-Tomé E, Fernández-Loras A. Oliver JA, Fisher MC, Garner TWJ. 2015. Successful elimination of a lethal wildlife infectious disease in nature. Biology Letters 11: 20150874.

Scheele BC, Pasmans F, Berger L, Skerrat LF, Martel A, Beukema W, Acevedo AA, Burrowes PA, Carvalho T, Catenazzi A, De la Riva I, Fisher MC, Flechas SV, Foster CN, Frías-Álvarez P, Garner TWJ, Gratwicke B, Guayasamin JM, Hirschfeld M, Kolby JE, Kosch TA, La Marca E, Lindenmayer DB, Lips KR, Longo AV, Maneyro R, McDonald CA, Mendelson III J, Palacios-Rodriguez P, Parra-Olea G, Richards-Zawacki CL, Rödel M-O, Rovito SM, Soto-Azat C, Toledo LF, Voyles J, Weldon C, Whitfield SM, Wilkinson M, Zamudio KR, Canessa S. 2019. Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. Science 363: 1459-1463.

Solís R, Penna M, De la Riva I, Fisher M, Bosch J. 2015. Presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in anurans from the Andes highlands of northern Chile. Herpetological Journal 24: 55-59.

Valenzuela-Sánchez A, O'Hanlon SJ, Alvarado-Rybak M, Uribe-Rivera DE, Cunningham AA, Fisher MC, Soto-Azat C. 2018. Genomic epidemiology of *Batrachochytrium dendrobatidis* from native and invasive amphibian species in Chile. Transboundary & Emerging Diseases. 65: 309-314.

Figura 1. Toma de muestra no invasiva de la superficie de la piel de una ranita del Loa (*Telmatobius dankoi*) para la detección del hongo causante de quitridiomicosis (*Batrachochytrium dendrobatidis*).

Figura 2. Elementos y procedimientos de bioseguridad y desinfección de materiales y equipos utilizados en en la recolección, manipulación y toma de muestras de anfibios para la detección de la infección por *Batrachochytrium dendrobatidis*.

Especies de *Telmatobius* en Chile

Paola A. Sáez[1], Pablo Fibla[1] & Gabriel Lobos[2],[3]

[1]Laboratorio de Genética y Evolución, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

[2]Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, Calama, Chile.

[3]Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

La taxonomía del genero *Telmatobius*, ha mostrado constantes cambios en la medida que ha aumentado el número de prospecciones en nuevos sectores de las tierras altas de Chile, y en concordancia, con las nuevas herramientas disponibles para la delimitación de especies; en especial las de tipo genético.

En este capítulo, sintetizamos la información disponible para las nueve especies que se reconocen actualmente en el país, información que ha sido posible gracias al trabajo científico de destacados investigadores nacionales y extranjeros.

Las fichas que se presentan a continuación, se estructuran de acuerdo a la descripción de la especie, su distribución, dieta, hábitat, estado de conservación, amenazas, otros antecedentes disponibles y fotografías de las especies y sus ambientes.

En algunas especies, se entregan antecedentes del hábitat acuático de estos anuros, considerando que en las especies chilenas, son de vida completamente acuática. Así, por ejemplo, se entregan antecedentes para los siguientes parámetros, que son relevantes en la presencia de anuros en los medios acuáticos:

Parametros	Definición
Temperatura del agua	En nuestro caso, corresponde al calor que se manifiesta en el agua de los medios acuáticos. Está influenciado por la temperatura ambiental, manifestaciones geotérmicas y los organismos que viven en el medio acuático. Se expresa en grados Celsius, que corresponde a una unidad internacional de medida termométrica. La Norma Chilena para calidad de agua (Norma 1.333) establece que en aguas que escurren, ellas no deben sobrepasar en 3°C al valor natural, para usos destinados a la vida acuática.
Temperatura ambiental	Es el calor que se manifiesta en el aire. Se expresa en grados Celsius, que corresponde a una unidad internacional de medida termométrica.

Parametros	Definición
pH	Expresa la intensidad de la condición ácida o básica del agua, a partir de la actividad del ion hidrógeno. A mayor actividad, más ácido. Sistemas ácidos se encuentran en regiones volcánicas y básicos en lugares donde la el balance hídrico es negativo o si son influenciados por el mar (aporta CO3-, HCO3-). La Norma Chilena para calidad de agua (Norma 1.333) establece un valor entre 6 a 9 unidades de pH para usos destinados a la vida acuática.
Oxígeno disuelto	Representa el balance entre el consumo y producción de oxígeno en el medio acuático; uno de los mayores consumos ocurre por oxidación de la materia orgánica por respiración de microorganismos descomponedores (bacterias heterotróficas aerobias). Se expresa en mg/L. La Norma Chilena para calidad de agua (Norma 1.333), establece un valor mínimo de 5 mg/L para usos destinados a la vida acuática.

Parametros	Definición
Conductividad eléctrica CE	Es un método simple para medir la salinidad en un medio acuático. Se basa en la capacidad de una solución para conducir una corriente eléctrica en función de la concentración de iones presentes. A mayor cantidad de iones, mayor conductividad y menor resistencia. Se mide en µS cm^{-1}. El Siemen (S) Expresa la conductancia entre dos puntos. Aguas oligotróficas (pobre en nutrientes), presentan valores bajos de CE (por ejemplo 50 µS cm^{-1} en arroyos cordilleranos), hasta valores altos, como los que se registran para la ranita del Loa (por ejemplo 6.750 µS cm^{-1}).
Solidos disueltos totales	En el agua, hay una serie de partículas que interfieren con su transparencia, ellas corresponden a los sólidos presentes en el medio acuático. Por tamaño, ellos pueden ser sólidos disueltos (aquellos que pasan por un filtro de 0.45 um) y los que quedan retenidos, corresponden a los sólidos en suspensión. Se expresa en mg/L.

Parametros	Definición
Profundidad	Corresponde a la altura de la columna de agua, se puede expresar en centímetros o metros. Es una variable relevante, pues se relaciona con la cantidad de luz solar que ingresa al sistema (productividad), temperaturas, oxigeno disueltos, entre otras variables.
Turbiedad	Es el grado en que el agua interfiere con la transmisión de la luz. Se mide en unidad de turbidez de la formacina FTU que es idéntica a otra escala de medición de uso común como es la unidad nefelométrica de turbidez NTU. El agua pura tiene un valor de cero. La Norma Chilena para calidad de agua (Norma 1.333) establece un valor que no supere a 30 FTU para usos destinados a la vida acuática.

Telmatobius marmoratus (Duméril & Bibron, 1841)

Sapo marmoleado

Nativa de Perú, Bolivia y Chile

Descripción

Se describe como una especie de talla mediana (50-65 mm), con la cabeza corta, más ancha que larga y el hocico redondeado. El tímpano es rudimentario, y las patas posteriores son cortas y semi-palmadas. La piel puede ser lisa o tuberculosa, con pliegues nulos o poco marcados. La coloración del adulto es muy variable, desde gris a negro uniforme, con manchas pequeñas o grandes, oscuras o claras y de distribución irregular. El color de la superficie del vientre varía desde gris claro uniforme a gris verdoso, algunos con manchas oscuras irregulares en la región faríngea y de los muslos. El macho reproductivo, presenta pequeñas espinas queratinosas en el pecho, y en algunos individuos, en el dorso y en las patas (Dumeril y Bibrón, en Capurro 1953). Estas pequeñas espinas queratinosas también están presentes en el primer dedo de la mano formando una especie de callo. Además, los machos poseen los brazos y antebrazos muy engrosados (Veloso et al. 1982).

Distribución

La localidad tipo, donde fue descrita la especie, se encuentra en el Departamento de Puno, Perú. Posteriormente a su descripción, ha sido registrada en numerosas localidades que van desde el norte de Cusco, en Perú; hasta la región altoandina de Bolivia y Chile. En Chile, se puede observar en la Región de Arica y Parinacota, en localidades como Parinacota, Surapalca, Allane, Colpa, Caquena, Pacollo, y bofedales y ríos en el Parque Nacional Lauca. En la Región de Tarapacá, *T. marmoratus* se puede observar en localidades como Cancosa, Toroni, Quebe, Quebrada Tana, Pumiri, Toculla y bofedales en el Monumento Natural Salar de Surire (Capurro 1953, Veloso et al. 1982, Sáez et al. 2014, Victoriano et al. 2015, Vidal y Zúñiga 2015).

Dieta

Se desconocen los hábitos alimenticios de esta especie. Datos nos publicados, indican una fuerte preferencia por microcrustáceo del genero Hyaellidae en la localidad de Colpitas, cercana a Putre.

Hábitat

T. marmoratus es una especie completamente acuática que habita en arroyos, ríos y vegas o bofedales, donde se oculta en agujeros o cuevas y bajo piedras en el fondo del agua. Algunos de estos sistemas son afluentes del lago Chungará, con una pendiente aproximada de 15°, escasa profundidad (alrededor de 30 cm), de un ancho de 30 a 80 cm, con fondo pedregoso y/o arenoso y caudal más o menos torrentoso. Algunos parámetros físicos (primavera) registrados en el sector de Colpita (Putre) corresponden a:

Parámetros	Registros
Temperatura del agua	10,5° C
Temperatura ambiental	9,1° C
pH	6,6
Oxígeno disuelto	6,05 mg/L
Conductividad eléctrica	280 µS cm^{-1}
Solidos disueltos totales	140 mg/L
Profundidad	28 cms

Estado de Conservación
Vulnerable (VU) A3cde (IUCN 2019).

Clasificado como Vulnerable debido a una disminución de la población, proyectada en más del 30% en los próximos 10 años, inferido del impacto potencial de la quitridiomicosis (hongo que afecta a los anfibios), de los efectos de la sobreexplotación y de un deterioro en la calidad del hábitat como resultado de la contaminación del agua.

Amenazas
En Chile, las principales amenazas están determinadas por la presencia de especies exóticas introducidas como la trucha, y las actividades mineras y agrícolas que reducen la disponibilidad de agua en los sistemas donde habita.

Otros Antecedentes

T. marmoratus posee la distribución más amplia entre las especies del género *Telmatobius*. Debido a la gran variabilidad morfológica que exhibe, se ha señalado como un "complejo" de especies, difíciles de distinguir.

Referencias

Capurro LF. 1953. *Telmatobius marmoratus* (Dum. y Bibr.) nueva especie para Chile (Anura, Leptodactylidae). Investigaciones Zoológicas Chilenas 2(2): 19-22.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2015. *Telmatobius marmoratus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T57349A3059350. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T57349A3059350.en. Downloaded on 12 September 2019.

Sáez PA, Fibla P, Correa C, Sallaberry M, Salinas H, Veloso A, Mella J, Iturra P, Méndez MA. 2014. A new endemic lineage of the Andean frog genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. Zoological Journal of the Linnean Society 171: 769–782.

Veloso A, Sallaberry M, Navarro J, Iturra P, Valencia J, Penna M, Díaz N. 1982. Contribución Sistemática al conocimiento de la herpetofauna del extremo norte de Chile. En: Veloso, A. & E. Bustos (Eds.). El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat. 18°28'S). Volumen I, Proyecto MAB-6, UNEP-UNESCO 1105-77-01, ROSTLAC, Montevideo.

Victoriano P, Muñoz-Mendoza C, Sáez PA, Salinas H, Muñoz-Ramírez C, Sallaberry M, Fibla P, Méndez M.A. 2015. Evolution and Conservation on Top of the World: Phylogeography of the Marbled Water Frog (*Telmatobius marmoratus* Species Complex; Anura, Telmatobiidae) in Protected Areas of Chile. Journal of Heredity 106: 546–559. doi:10.1093/jhered/esv039

Figura 1. *Telmatobius marmoratus* juvenil y larvas Duméril & Bibron, 1841 (Colpitas) (Fotografía: G. Lobos)

Figura 2. *Telmatobius marmoratus* Duméril & Bibron, 1841 (Parinacota) (Fotografía: P. Fibla)

Figura 3. *Telmatobius marmoratus* Duméril & Bibron, 1841 (Colpitas) (Fotografía: G. Lobos)

Figura 4. Ambiente de *Telmatobius marmoratus* Duméril & Bibron, 1841 (Colpitas) (Fotografía: G. Lobos)

Telmatobius halli (Noble, 1938)

Sapo de Hall
Endémica de Chile

Descripción

De acuerdo con la descripción de Noble (1938), *T. halli* es un *Telmatobius* que tiene el hocico truncado en vista dorsal con el tímpano ausente y pliegues postfemorales no desarrollados. El dorso es liso, sólo con unos pocos tubérculos pequeños presentes. La coloración dorsal del adulto es café oscuro, con manchas claras a los lados del cuerpo, aunque existe variabilidad, pudiendo presentar manchas más oscuras. El color del vientre es pálido. Los dedos de los pies son extensamente palmeados, y las extremidades posteriores son largas. Las fosas nasales se observan ligeramente más cerca de la punta del hocico que del ojo. Los machos maduros presentan diminutas espinas oscuras en el pecho y almohadilla nupcial (callo) en la base del pulgar. La hembra es de mayor tamaño que el macho (Fibla et al. 2018).

Distribución

La distribución de *T. halli* se encuentra restringida a unas pocas localidades en la Región de Tarapacá, en las Quebradas de Choja, Chijlla, Copaquire y Huatacondo (Fibla et al. 2018).

Dieta

Se desconocen los hábitos alimenticios de esta especie.

Hábitat

T. halli habita pequeños arroyos y bofedales, donde prefiere resguardarse en cuevas a los bordes de los arroyos, o debajo de piedras. Puede encontrarse en pozas poco profundas con fondo fangoso y en aguas cálidas. Algunos parámetros físicos (primavera) registrados en Quebrada Choja corresponden a:

Parámetros	Registros
Temperatura del agua	13,3° C
pH	7,5
Oxígeno disuelto	4,0 mg/L
Conductividad eléctrica	1100 µS cm^{-1}
Solidos disueltos totales	550 mg/L
Profundidad	50 cms

Estado de Conservación

Datos Deficientes (DD) (IUCN 2019).

Clasificado como Datos Deficientes debido a la ausencia de información reciente sobre su extensión de ocurrencia, estado de la población y requisitos ecológicos.

Amenazas

La principal amenaza para esta especie, está determinada por la actividad minera, al encontrarse en localidades cercanas a proyectos de gran envergadura, los que modifican su hábitat y extraen agua para su funcionamiento. La quitridiomicosis, enfermedad provocada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, es también una amenaza para las poblaciones de esta especie.

Otros Antecedentes

Durante mucho tiempo, otros *Telmatobius* fueron reconocidos en diferentes estudios como *T. halli* (por ejemplo Cei 1962, Veloso et al. 1982). Sin embargo, Formas et al. (1999, 2003) reconocieron a estos *Telmatobius* como nuevas especies, correspondiendo a *T. dankoi* y *T. vilamensis* (respectivamente), lo que significa que *T. halli*, hasta esa fecha, nunca se había registrado desde la captura de la serie tipo. El principal impedimento que habría llevado al fracaso de su hallazgo, fue la ambigüedad sobre la descripción de la localidad tipo: "vertiente cálida, cerca de Ollagüe, Chile a 3.048 m s.n.m. (10.000 ft)" (Fibla et al. 2018).

Referencias

Cei JM. 1962. Batracios de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cviii + 128 pp.

Fibla P, Salinas H, Lobos G, Del Pozo T, Fabres A, Méndez MA. 2018. Where is the enigmatic *Telmatobius halli* Noble 1938? Rediscovery and clarification of a frog species not seen for 80 years. Zootaxa 4527(1): 061–074.

Formas JR, Benavides E, Cuevas C. 2003. A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Río Vilama, northern Chile, and the redescription of *T. halli* Noble. Herpetologica 59(2): 253-270.

Formas JR, Northland I, Capetillo J, Nuñez JJ, Cuevas CC, Brieva LM. 1999. *Telmatobius dankoi*, una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 72: 427–445.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2015. *Telmatobius halli*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T21582A79809691. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T21582A79809691.en. Downloaded on 12 September 2019.

Noble GK. 1938. A new species of frog of the genus *Telmatobius* from Chile. American Museum Novitates 973: 1-3.

Veloso A, Sallaberry M, Navarro J, Iturra P, Valencia J, Penna M, Díaz N. 1982. Contribución Sistemática al conocimiento de la herpetofauna del extremo norte de Chile. En: Veloso, A. & E. Bustos (Eds.). El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat. 18°28'S). Volumen I, Proyecto MAB-6, UNEP-UNESCO 1105-77-01, ROSTLAC, Montevideo.

Figura 1. *Telmatobius halli* Noble, 1938. (Copaquire) (Fotografía: P. Fibla)

Figura 2. *Telmatobius halli* Noble, 1938. (Quebrada Choja) (Fotografía: G. Lobos)

Figura 3. Quebrada de Choja, hábitat de *Telmatobius halli* Noble, 1938. (Fotografía: G. Lobos)

Telmatobius pefauri (Veloso & Trueb, 1976)

Sapo de Péfaur
Endémica de Chile

Descripción

Esta especie, se caracteriza por poseer un tamaño adulto moderado (57 mm aproximadamente), con la cabeza grande y deprimida, más ancha que larga. El perfil lateral del hocico es largo e inclinado. Las fosas nasales son pequeñas, apenas protuberantes, ubicadas ligeramente más cerca de los ojos que de la punta del hocico. Los ojos son grandes, con orientación frontal. Las extremidades anteriores son robustas y las extremidades posteriores y los dedos de los pies son largos y delgados. La piel dorsal es lisa, pero posee pequeños tubérculos en los flancos, superficie ventral de antebrazos, rodillas, superficies externas de tibias y tarsos y superficies del muslo. El color corporal es variable, dentro y entre localidades. La superficie dorsal va de color marrón oliva a marrón claro, con frecuencia con manchas más oscuras. También se pueden observar pequeñas manchas color crema a gris claro, dispersas en el dorso. La región ventral (garganta, pecho y abdomen) es de color amarillo cremoso o algo anaranjado. La superficie ventral de los muslos y de los brazos es color amarillo anaranjado con manchas de color albaricoque. Los flancos, cara anterior de los muslos y la zona ventral del tarso poseen manchas oscuras (Fibla et al. 2017). Los machos reproductores poseen brazos y antebrazos engrosados, callo nupcial cornificado en el dedo de mano, y espinas corneas en la región pectoral (Veloso et al. 1982). La larva es grande con la superficie dorsal color gris oscuro. La piel de los costados y del vientre transparenta la musculatura. El extremo de la cola es fuertemente pigmentado (Veloso et al. 1982).

Distribución

Telmatobius pefauri se encuentra presente en la Región de Arica y Parinacota, en las localidades de Murmuntani, Zapahuira, Belén, Copaquilla, Lupica, Saxamar y Socoroma (Sáez et al. 2014, Fibla et al. 2017).

Dieta

Se desconocen los hábitos alimenticios de esta especie.

Hábitat

El río Zapahuira (2 km norte del camino internacional Arica-Bolivia) posee un lecho con piedras grandes y lisas de 1 a 3 m de ancho. Corresponde a un terreno con poca pendiente y pozas de aguas cristalinas de hasta 1 m de profundidad, con escasa vegetación acuática. En los márgenes del arroyo, son abundantes la queñoa (*Polylepis tarapacana*) y la cola de zorro (*Cortaderia speciosa*) (Veloso et al. 1982). En general, los individuos pueden encontrarse distribuidos homogéneamente en los sistemas acuáticos, en los bordes y bajo rocas a lo largo de los arroyos. Tienen preferencia por refugiarse bajo matas de cola de zorro.

Estado de Conservación

Debido a que esta especie fue recientemente pasada a sinonimia (es decir que, existe más de un nombre científico para esta especie), aún no ha sido clasificada en los procesos vigentes.

Amenazas

Las principales amenazas para esta especie, están relacionadas con la extracción de agua para actividades agrícolas y mineras. La quitridiomicosis, enfermedad provocada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, es también una amenaza para las poblaciones de esta especie.

Otros Antecedentes

Sobre la base de evidencia molecular y morfológica, Fibla et al. (2017), establecieron que *Telmatobius pefauri* y *T. zapahuirensis* (Veloso et al. 1982) corresponden a la misma especie.

Referencias

Fibla P, Sáez PA, Salinas H, Araya C, Sallaberry M, Méndez M.A. 2017. The taxonomic status of two *Telmatobius* frog species (Anura: Telmatobiidae) from the western Andean slopes of northernmost Chile. Zootaxa 4250 (4): 301–314.

Sáez PA, Fibla P, Correa C, Sallaberry M, Salinas H, Veloso A, Mella J, Iturra P, Méndez MA. 2014. A new endemic lineage of the Andean frog genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. Zoological Journal of the Linnean Society 171: 769–782. https://doi.org/10.1111/zoj.12152

Veloso A, Trueb L. 1976. Description of a new species of Telmatobiine frog, *Telmatobius* (Amphibia: Leptodactylidae), from the Andes of northern Chile. Occasional papers of the Museum of Kansas Lawrence, Kansas 62: 1-10.

Veloso A, Sallaberry M, Navarro J, Iturra P, Valencia J, Penna M, Díaz N. 1982. Contribución Sistemática al conocimiento de la herpetofauna del extremo norte de Chile. En: Veloso, A. & E. Bustos (Eds.). El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat. 18°28'S). Volumen I, Proyecto MAB-6, UNEP-UNESCO 1105-77-01, ROSTLAC, Montevideo.

Figura 1. *Telmatobius pefauri* Veloso & Trueb, 1976 (Socoroma) (Fotografía: P. Fibla)

Figura 2. Arroyo cercano a Belén, hábitat de *Telmatobius pefauri* Veloso & Trueb, 1976. (Fotografía: G. Lobos)

Telmatobius dankoi (Formas, Northland, Capetillo, Núñez, Cuevas & Brieva, 1999)

Rana del Loa
Endémica de Chile

Descripción

Telmatobius dankoi, se describe como una especie de tamaño moderado (49,7-51,7 mm), con la cabeza, flancos, tercio posterior del dorso y extremidades con pequeñas espinas córneas; la piel de los muslos presenta pliegues. La larva tiene un cuerpo ovoideo en vista lateral y dorsal, con la cola robusta y con el extremo distal de color negro. Su morfología es similar a *T. vilamensis*.

Distribución

La ranita del Loa se encuentra únicamente en la localidad Las Cascadas, 3 km al sur de la ciudad de Calama, Región de Antofagasta, Chile (Formas et al. 1999).

Dieta

La dieta de la ranita del Loa, está compuesta por invertebrados que se encuentran en el fondo del curso de agua, principalmente, micro-crustáceos de la familia Hyalellidae (*Hyalella gracilicornis*; Formas et al. 1999), larvas de insectos (dípteros, Chironomidae), y caracoles de la familia Hydrobiidae (*Littoridina*; Formas et al. 1999) (Lobos et al. 2016).

Hábitat

La ranita del Loa habita en un pequeño curso de agua con alta velocidad debido a la pendiente, con agua transparente, de poca profundidad, angosto y alta cobertura de vegetación acuática. Los bordes del arroyo están cubiertos por juncos (Schoenoplectus pungens). Esta especie, utilizaría como refugio la vegetación acuática y huecos en el lecho del río. El agua del sistema, posee una alta oxigenación y conductividad (debido a los suelos salinos del área), un pH neutro

Figura 1. *Telmatobius dankoi* Formas, Northland, Capetillo, Núñez, Cuevas & Brieva, 1999 (Fotografía: P. Fibla)

a ligeramente alcalino con altos niveles de sólidos disueltos totales, y bajos valores de turbidez del agua (Lobos et al. 2016). Algunos parámetros físicos (primavera 2015) registrados en el sector de las vertientes corresponden a:

Parámetros	Registros
Temperatura del agua	14,6° C
Temperatura ambiental	22° C
pH	7,75
Oxígeno disuelto	6,48 mg/L
Conductividad eléctrica	6750 µS cm^{-1}
Solidos disueltos totales	140 mg/L
Profundidad	28 cms

Estado de Conservación

En Peligro Crítico B1ab(iii) (IUCN 2015).

La ranita del Loa se encuentra en Peligro Crítico debido a que su distribución está restringida a un área de 10 km2, se conoce sólo en una localidad pequeña y muy afectada por diferentes impactos que están reduciendo la calidad y cantidad del hábitat, incluida la minería, las actividades recreativas y la extracción de agua superficial.

Amenazas

Las principales amenazas para esta especie, están determinadas por la urbanización, que ha provocado la pérdida y destrucción de su hábitat; y por las actividades turísticas (presencia de piscinas recreativas) y mineras, que han producido una disminución de la disponibilidad de agua en el ambiente donde habita esta especie.

Otros antecedentes

Previo a su descripción, *T. dankoi* fue confundido con *T. halli* en diversos estudios (Veloso et al. 1982). En 2016, Lobos et al. estimaron la densidad poblacional de *T. dankoi* en 600 individuos. Sin embargo, en 2019, el arroyo donde habita esta especie, sufrió un evento de desecación abrupto, que habría provocado la pérdida del 90% de la población (Salinas et al. 2019).

Referencias

Formas JR, Northland I, Capetillo J, Núñez JJ,Cuevas CC, Brieva L. 1999. *Telmatobius dankoi*, una nueva especie de rana acuática del Norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 72: 427-445.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2015. *Telmatobius dankoi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T57335A79813594. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T57335A79813594.en. Downloaded on 25 July 2019.

Lobos G, Rebolledo N, Charrier A, Rojas O. 2016. Natural history notes of *Telmatobius dankoi* (Anura, Telmatobiidae), a critically endangered species from northern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment 51(2): 152-157. http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2016.1203519

Salinas H, Lobos G, Charrier A. 2019. Nota de la Red Chilena de Herpetología (RECH): Grave impacto al hábitat de *Telmatobius dankoi* en Las Vertientes, Calama. www.herpetologiadechile.cl

Veloso A, Sallaberry M, Navarro J, Iturra P, Valencia J, Penna M, Díaz N. 1982. Contribución al conocimiento de la herpetofauna del extremo norte de Chile. Pp. 135-268, En: Veloso A. & Bustos E. (eds.), La Vegetación y Vertebrados Ectotérmicos del Transecto Arica- Lago Chungará, Vol. I. ROSTLAC, Montevideo.

Figura 2. *Telmatobius dankoi* Formas, Northland, Capetillo, Núñez, Cuevas & Brieva, 1999
(Fotografía: G.Lobos)

Figura 3. Arroyo hábitat de *Telmatobius dankoi* (año 2015) Formas, Northland, Capetillo, Núñez, Cuevas & Brieva, 1999 (Fotografía: G. Lobos)

Telmatobius philippii (Cuevas & Formas, 2002)

Sapo de Philippii
Endémico de Chile

Descripción

Telmatobius philippii, se describe como una especie de tamaño moderado (46-53 mm), con numerosos gránulos pequeños en los flancos, y que se extienden ligeramente a las regiones ventrales y superficie dorsal de las extremidades posteriores. Las extremidades posteriores son cortas (articulación tibio-tarsal no alcanza el borde posterior del ojo), y no presentan pliegues de piel. La coloración corporal es variable, puede presentar el dorso verde oscuro con manchas negras, y el vientre color bronce con tonalidades doradas. Los machos poseen espinas nupciales en la superficie dorsal y borde posterior del dedo I, pero carecen de espinulaciones en el pecho y brazos.

Distribución

La rana de Philippii se encuentra presente en la Quebrada de Amincha, 7 km al noroeste de Ollagüe. Además, se puede encontrar en la Quebrada del Inca, aproximadamente 1 km al norte de Quebrada Amincha (Cuevas y Formas 2002) y en el salar de Ascotán (Lobos et al. 2018), en la Región de Antofagasta, Chile.

Dieta

Cuevas y Formas (2002), señalan dos ítems encontrados en el contenido estomacal de un ejemplar adulto: una larva de mariposa (Noctuidae) y una larva de libélula (Gomphidae). Lobos et al. (2018), analizaron el contenido estomacal de individuos del Salar de Ascotán, donde las presas más comunes fueron caracoles de la Familia Hydrobiidae, y micro-crustáceos de la Familia Hyalellidae. En menor proporción, se registraron otros invertebrados como moluscos (Sphaeriidae: Bivalvia; Physidae, Planorbidae: Gastropoda), insectos coleópteros (Elmidae: Coleptera), dípteros (Chironomidae, Muscidae, Simuliidae, Syrphidae: Diptera), hemípteros (Corixidae, Macroveliidae: Hemiptera), y tricopteros (Hydroptilidae: Tricoptera).

Hábitat

Quebrada Amincha y Quebrada del Inca se encuentran en la región andina, en remansos de arroyos (2-3 m de ancho, 30 a 40 cm de profundidad, y 8 a 10 °C de temperatura) con abundante vegetación (Ciperaceae). En el agua, se encuentran algas de los géneros *Spirogyra* (Clorophyta) y Chara (Charophyta). Entre la fauna acuática se observan algunos insectos coleópteros de la familia Dytiscidae (Cuevas y Formas 2002). En el Salar de Ascotán, las vertientes con presencia de la especie, se caracterizan por presentar 42–90% de cobertura de plantas terrestres y 36–83% de cobertura de plantas acuáticas. La conductividad eléctrica se estimó en alrededor de 3.00 µS cm^{-1}, siendo este último parámetro, un importante predictor de ocupación en las vertientes (Rebolledo 2017, Lobos et al. 2018). Algunos parámetros físicos (primavera) registrados en el salar de Ascotán corresponden a:

Parámetros	Registros
Temperatura del agua	16,1° C
Temperatura ambiental	10,20° C
pH	8,18
Oxígeno disuelto	12,19 mg/L
Conductividad eléctrica	2880 µS cm^{-1}
Solidos disueltos totales	1500 mg/L
Profundidad	57 cms
Turbiedad	0,73 NTU

Estado de Conservación

En Peligro Crítico B1ab(iii)+2ab(iii) (IUCN 2015).

Clasificado En Peligro Crítico porque ha desaparecido de uno de los dos lugares conocidos originalmente, debido a la canalización del arroyo en el que vivía, y la población restante, ahora está restringida a un área de menos de 10 km2. La cantidad y la calidad del hábitat se ven afectadas por la extracción de agua superficial en esta ubicación restante. Se estima que la población ha sufrido una reducción de, al menos, el 50% en los últimos 10 años debido a la desaparición de una de las subpoblaciones.

Amenazas

Las principales amenazas para esta especie son la extracción de agua para consumo humano, las actividades agrícolas y mineras, las que reducen la disponibilidad de agua en los ambientes donde habita esta especie.

Otros Antecedentes

La población en Quebrada del Inca estaría extinta, ya que no existen registros en los últimos 10 años. Esto se debería a que el agua fue canalizada para el consumo en Ollagüe. Una gran parte del arroyo, en Quebrada Amincha, se ha desviado a tuberías para el uso industrial del agua (Lobos et al. 2018).

Referencias

Cuevas C, Formas JR. 2002. *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe, norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 75: 245-258.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2015. *Telmatobius philippii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T57354A79813783. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T57354A79813783.en. Downloaded on 10 September 2019.

Lobos G, Rebolledo N, Sandoval M, Canales C, Perez-Quezada JF. 2018. Temporal Gap Between Knowledge and Conservation Needs in High Andean Anurans: The Case of the Ascotán Salt Flat Frog in Chile (Anura: Telmatobiidae: *Telmatobius*). South American Journal of Herpetology 13(1): 33–43.

Rebolledo N. 2017. Caracterización poblacional y de hábitat de *Telmatobius* (grupo hintoni) en las vertientes del salar de Ascotán, región de Antofagasta. Tesis Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. TUCH-REC 2017 R243.

Figura 1. *Telmatobius philippii* Cuevas & Formas, 2002 (Quebrada Amincha) (Fotografía: M. Salaberry)

Figura 2.
Telmatobius cf. philippii
Cuevas & Formas, 2002
(Ascotán)
(Fotografía: P. Fibla)

Figura 3. Extracción de aguas, Quebrada de Amincha, hábitat de *Telmatobius philippii* Cuevas & Formas, 2002)
(Fotografía: G. Lobos)

Telmatobius fronteriensis (Benavides, Ortiz & Formas, 2002)

Sapo de la frontera
Endémico de Chile

Descripción

Telmatobius fronteriensis, se caracteriza por su tamaño pequeño (adulto <45 mm), y se describe como una especie con la piel de color parduzco con manchas negras, con el dorso granular y flancos con espículas. El color del vientre es grisáceo. El macho se caracteriza por presentar espinas nupciales grandes, negras, extensas en la superficie dorso lateral del dedo pulgar, pecho y antebrazo interno. La larva no ha sido descrita.

Distribución

El sapo de la frontera habita únicamente en Puquios, 15 km al noroeste de Ollagüe (en la frontera con Bolivia), Región de Antofagasta, Chile.

Dieta

Se desconocen los hábitos alimenticios de esta especie.

Hábitat

Telmatobius fronteriensis, se descubrió en una pequeña poza termal sin vegetación, con una temperatura del agua de 22,9° C. Puquios es una localidad seca y se caracteriza por ser una zona rocosa de sustrato cubierto por yareta (Azorella compacta), pastos bajos y arbustos (*Festuca ortophylla*, *Stipa nardoides*), típicos de la región de la Puna (Benavides, Ortiz y Formas 2002).

Estado de Conservación

Criterio IUCN: En Peligro Crítico B1ab(iii)+2ab(iii); C2a(ii) (IUCN 2019).

Clasificado como En Peligro Crítico por precaución, debido a que su extensión de ocurrencia y área de ocupación, son 9 km2. Ocurre en un solo lugar definido por amenaza, y se sospecha una disminución continua en la extensión y calidad de su hábitat. Además, se estima que hay menos de 250 individuos dentro de la población, con el 100% de estos individuos en la única población actualmente conocida.

Amenazas

Las principales amenazas para esta especie son las actividades mineras, ya que estas actividades extraen agua para sus procesos; y la quitridiomicosis, enfermedad provocada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*.

Otros Antecedentes

El nombre de esta especie se debe a que Puquios, la localidad donde fue descrito, se encuentra en la frontera con Bolivia.

Referencias

Benavides E, Ortiz JC, Formas JR. 2002. A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica 58(2): 210-220.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2019. *Telmatobius fronteriensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T57338A79813688. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T57338A79813688.en. Downloaded on 12 September 2019.

Figura 1. *Telmatobius fronteriensis* Benavides, Ortiz & Formas, 2002 (Puquios) (Fotografía: M. Salaberry).

Figura 2.
Telmatobius fronteriensis
Benavides, Ortiz &
Formas, 2002 (Puquios)
(Fotografía: G. Lobos)

Figura 3. Arroyo habitat de
Telmatobius fronteriensis
Benavides, Ortiz & Formas, 2002
(Fotografía: G. Lobos)

Telmatobius vilamensis (Formas, Benavides & Cuevas, 2003)

Sapo de Vilama
Endémica de Chile

Descripción

Esta especie, se describe como un *Telmatobius* de tamaño moderado (38,36-50,81 mm), con el hocico deprimido en la vista lateral y puntiagudo, y pliegues en el muslo presentes (postfemorales). La forma de su cuerpo es delgada e hidrodinámica, y el color del dorso de los adultos es verde oliva, con manchas marrones oscuras con el vientre y garganta blancos. Los machos reproductores poseen callo nupcial cornificado en el dedo I. El renacuajo posee caracteres asociados con larvas de anuros que habitan hábitats loticos y bentónicos (por ejemplo, cuerpo deprimido, disco oral anteroventral, musculatura caudal robusta, ojos dorsolaterales y aletas bajas). Morfológicamente es similar a *T. dankoi* (Formas et al. 2003).

Distribución

El sapo de Vilama se encuentra presente únicamente en el Río Vilama, 6,5 km al noreste de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta, Chile.

Dieta

Se desconocen los hábitos alimenticios de esta especie.

Hábitat

El Río Vilama se encuentra en un área semidesértica con escasa vegetación (*Ephedra andina* y *Atriplex atacamensis* Formas et al. 2003), de tipo matorral. Esta especie tiende a refugiarse bajo lama (cieno o lodo blando) en zonas del arroyo con bajo torrente y de profundidad media. Algunos parámetros físicos (verano) registrados en el estero Vilama corresponden a:

Parámetros	Registros
Temperatura del agua	20° C
Temperatura ambiental	29,7° C
pH	8,11
Oxígeno disuelto	7,1 mg/L
Conductividad eléctrica	2590 µS cm^{-1}
Solidos disueltos totales	1270 mg/L
Profundidad	60 cms
Turbiedad	744 NTU

Estado de Conservación

En Peligro Crítico B1ab(iii)+2ab(iii) (IUCN 2015).

Clasificado como En Peligro Crítico porque se conoce una única localidad pequeña, que está muy afectada por diferentes amenazas que causan una reducción contínua en la calidad y cantidad del hábitat, incluida la filtración de la minería, las actividades recreativas y la extracción de aguas superficiales.

Amenazas

Las principales amenazas para esta especie están relacionadas con las actividades agrícolas, ya que extraen agua para el riego. Otra amenaza la constituyen camiones y maquinaria para extracción de áridos, ya que éstos modifican el curso del agua perturbando el hábitat.

Otros Antecedentes

Es el representante más meridional del Género *Telmatobius* en Chile (Formas et al. 2003). Es una especie poco abundante, en cinco expediciones entre 2008 y 2015, Méndez y colaboradores (com. pers.), registraron un máximo de 14 ejemplares en distinto estado de desarrollo. Los últimos registros de captura datan de 2015, y desde entonces no se ha vuelto a observar, luego de un fuerte aluvión registrado en febrero de 2016.

Referencias

Formas JR, Benavides E, Cuevas C. 2003. A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from rio Vilama, northern Chile, and the redescription of *T. halli* Noble. Herpetologica 59(2): 253-270.

Formas JR, Northland I, Capetillo J, Núñez JJ,Cuevas CC, Brieva L. 1999. *Telmatobius dankoi*, una nueva especie de rana acuática del Norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 72: 427-445.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2015. *Telmatobius dankoi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T57335A79813594. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T57335A79813594.en. Downloaded on 25 July 2019.

Figura 1. *Telmatobius vilamensis* Formas, Benavides & Cuevas, 2003 (río Vilama)
(Fotografía: H. Salinas)

Figura 2. *Telmatobius vilamensis* Formas, Benavides & Cuevas, 2003 (río Vilama)
(Fotografía: G. Lobos)

Figura 3. Río Vilama, *hábitat de Telmatobius vilamensis* Formas, Benavides & Cuevas, 2003
(Fotografía: G. Lobos)

Telmatobius chusmisensis (Formas, Cuevas & Nuñez, 2006)

Sapo de Chusmiza
Endémica de Chile

Descripción

Telmatobius chusmisensis, es una especie de tamaño moderado (distancia hocico-cloaca 50,0-63,2 mm), con el hocico corto, deprimido en vista lateral y presencia de pequeños gránulos espiculados en la superficie dorsal, flancos y extremidades. El patrón de coloración corporal, va desde marrón claro o marrón verdoso, profusamente manchado con diminutos puntos negros y la piel del vientre de color blanco o amarillo claro. Los machos presentan espinulaciones nupciales. La larva de *T. chusmisensis* presenta caracteres comunes asociados con larvas de anuros que habitan ambientes en lóticos y hábitats bentónicos, estos son: cuerpo deprimido, disco oral anteroventral, musculatura caudal robusta, ojos dorsolaterales y aletas bajas (Formas et al. 2006).

Distribución

Esta especie fue descrita en Chusmiza, 92 km al noreste de Huara, Región de Tarapacá, Chile (Formas et al. 2006). Posteriormente, se descubrió que también se encuentra presente en Laonzana, Huasco, Piga, Chiapa, Illalla, Lirima, Noasa y Collacagua (Sáez et al. 2014, Otálora 2017). Todas estas localidades se encuentran en la Región de Tarapacá, Chile.

Dieta

La dieta de esta especie (estudiada en individuos de la localidad de Lirima), está compuesta principalmente por microcrustáceos de la familia Hyalellidae. La dieta también incluye insectos coleópteros de la familia Elmidae (Lobos et al. 2020).

Hábitat

El hábitat de esta especie, se encuentra en la región marginal tropical que tiene una temperatura media anual de 12,5° C, y en el verano austral la precipitación varía entre 50-100 mm. La localidad tipo, Chusmiza, es un área semidesértica con escasa vegetación. El arroyo tiene un caudal de movimiento lento, de aproximadamente 1 m de ancho, cubierto con plantas acuáticas. Los ambientes donde habita *T. chusmisensis*, se encuentran en la precordillera, entre los 1.850 y 4.100 m s.n.m. Tanto larvas, como adultos, tienden a refugiarse bajo la vegetación lateral y bajo rocas, siempre sumergidos. Suelen encontrarse en pozas de profundidad media o baja. Algunos parámetros físicos (otoño 2012) registrados en la localidad de Lirima corresponden a:

Parámetros	Registros
Temperatura del agua	10,7° C
Temperatura ambiental	13,1° C
pH	7,63
Oxígeno disuelto	7,3 mg/L
Conductividad eléctrica	890 µS cm^{-1}
Solidos disueltos totales	450 mg/L
Profundidad	39 cms
Turbiedad	10 NTU

Estado de Conservación

En Peligro (EN) B2ab(ii,iii) (IUCN 2019).

Clasificado como En Peligro debido a que su área de ocupación de 499 km2, está restringida a ambientes acuáticos específicos. La población está severamente fragmentada y todos los sitios conocidos, se ven afectados por una reducción en la calidad y cantidad del hábitat, entre otros, debido a la extracción de agua superficial.

Amenazas

Las principales amenazas para esta especie, la constituyen las actividades agrícolas y mineras, ya que éstas reducen la disponibilidad de agua en el hábitat de *T. chusmisensis*. Las actividades turísticas, también constituyen una amenaza, en especial, para la población que ocurre en el Monumento Natural del Salar de Huasco, y en Lirima, debido a la presencia de las termas de San Andrés. La quitridiomicosis, enfermedad provocada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, es también una amenaza para las poblaciones de esta especie.

Otros Antecedentes

Se cree que las poblaciones de esta especie están disminuyendo, ya que los cuerpos de agua están desapareciendo a un ritmo más rápido, debido a la alta presión sobre los recursos hídricos para la población humana, la agricultura y la minería.

Referencias

Formas JR, Cuevas C, Núñez JJ. 2006. A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. Herpetologica 62(2): 173-183.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2019. *Telmatobius chusmisensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T135744A79814046. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T135744A79814046.en. Downloaded on 12 September 2019.

Lobos G, Rebolledo N, Salinas H, Fibla P, Saez PA, Mendez MA. 2020. Ecological Features on *Telmatobius chusmisensis* (Anura, Telmatobiidae), a Poorly Known Species from Northern Chile. South American Journal of Herpetology (aceptado).

Luebert F, Pliscoff P. 2017. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. 2a ed. Santiago, Editorial Universitaria. 381 p.

Otálora K. 2017. Análisis filogeográfico del sapo andino *Telmatobius chusmisensis* (Anura: Telmatobiidae). Tesis Facultad de Ciencias, Escuela de Postgrado, Universiadad de Chile. UCH-FC MAG-B 0872.

Sáez PA, Fibla P, Correa C, Sallaberry M, Salinas H, Veloso A, Mella J, Iturra P, Méndez MA. 2014. A new endemic lineage of the Andean frog genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. Zoological Journal of the Linnean Society 171: 769–782. https://doi.org/10.1111/zoj.12152

Figura 1. *Telmatobius chusmisensis* Formas, Cuevas & Nuñez, 2006. (Fotografía: P. Fibla)

Figura 2.
Telmatobius chusmisensis Formas, Cuevas & Nuñez, 2006. (Chiapa) (Fotografía: P. Fibla)

Figura 3. Arroyo en Lirima, hábitat de *Telmatobius chusmisensis* Formas, Cuevas & Nuñez, 2006. (Fotografía: G. Lobos)

Telmatobius peruvianus (Wiegman, 1834)

Rana peruana
Nativa de Perú y Chile

Descripción

Se describe como una especie de talla mediana (50 mm), esbelta que según Vellard (1951) corresponde a un morfo adaptado a la vida en aguas con escorrentía. Presenta una cabeza achatada, corta, más ancha que larga, hocico alargado y obtuso. El tímpano es rudimentario, las patas posteriores son largas y palmadas. La piel es verrugosa, particularmente en el macho que presenta numerosas papilas córneas ventrales. El adulto, presenta una coloración grisácea con manchas irregulares más oscuras. El vientre es más pálido, con matices o manchas amarillentas en la región posterior y extremidades. El macho reproductivo posee formaciones alargadas de espinas queratinosas diminutas, pigmentadas sobre el primer dedo de la mano, que se extienden sobre la superficie interna de los brazos y región pectoral (Cei 1962).

La larva fue descrita por Schmidt (1928) y por Capurro (1950), presenta un aspecto deprimido con el espiráculo izquierdo situado un poco más cerca del ano que de la punta del hocico; lámina caudal más alta en su porción superior a la parte muscular, que en la inferior; porción terminal redondeada (Cei 1962).

Distribución

Presente en el sur de Perú y Chile. En Chile hay registros para el río Putre y en el arroyo Allane, tributario del río Lluta.

Dieta

El principal ítem alimentario corresponde al microcrustáceo *Hyalella*, presente en el 89,3% de un total de 26 individuos (Valencia et al. 1982). Otros ítems, corresponden a invertebrados como Plecóptera, Tricóptera, Coleóptera, Acari, Arácnida y Molusca. Valencia et al. (1982). Lo anterior, muestra un marcado carácter acuático de este anuro.

Estado de Conservación
Vulnerable (VU) B1ab(iii,v) (IUCN 2019).

Clasificado como Vulnerable debido a su extensión de ocurrencia de 10,647 km2, está presente en diez o menos ubicaciones definidas por amenazas, y hay una disminución continua en la extensión y calidad de su hábitat.

Amenazas

Agricultura, presencia de truchas. Un estudio, reporta presencia de *Batrachochytrium dendrobatidis* en río Putre (Solís et al. 2015).

Hábitat

Tipo lótico. Presente en el río Putre, el que presenta fondo pedregoso y fangoso, de 1 a 4 m de ancho, con pozas de aguas cristalinas y abundantes plantas acuáticas. El estero de Allané, corresponde a un curso de agua con sustrato preferentemente de grava. Algunos parámetros físicos (otoño) registrados en estero Allane corresponden a:

Parámetros	Registros
Temperatura del agua	15° C
Temperatura ambiental	14,8° C
pH	8
Oxígeno disuelto	8,1 mg/L
Conductividad eléctrica	160 µS cm^{-1}

Parámetros	Registros
Solidos disueltos totales	86 mg/L
Profundidad	28 cms
Turbiedad	1,7 NTU

Otros Antecedentes

Existen dudas respecto a su situación taxonómica en Chile, siendo probablemente atribuible a *Telmatobius marmoratus* (Sáez et al. 2014).

Referencias

Capurro L. 1954. El género *Telmatobius* en Chile. Revista Chilena de Historia Natural 3: 31-40.
Cei JM. 1962. Batracios de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. cviii + 128 pp.
IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2019. *Telmatobius peruvianus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T21584A2775788. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T21584A2775788.en. Downloaded on 12 September 2019.

Sáez PA, Fibla P, Correa C, Sallaberry M, Salinas H, Veloso A, Mella J, Iturra P, Méndez MA. 2014. A new endemic lineage of the Andean frog genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. Zoological Journal of the Linnean Society 171: 769–782. https://doi.org/10.1111/zoj.12152

Schmidt KP. 1928. The chilean frogs of the Genus *Telmatobius*. Revista Chilena de Historia Natural 32: 98-105.

Solís R, Penna M, De la Riva I, Fisher MC, Bosch J. 2015. Presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in anurans from the Andes highlands of northern Chile. Herpetological Journal 24: 55-59.

Valencia J, Veloso A, Sallaberry M. 1982. Nicho trófico de las especies de herpetozoos del transecto Arica Chungara. En: Veloso, A. & E. Bustos (Eds.). El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat. 18°28'S). Volumen I, Proyecto MAB-6, UNEP-UNESCO 1105-77-01, ROSTLAC, Montevideo.

Vellard J. 1951. Estudios sobre batracios andinos. I: El grupo *Telmatobius* y formas afines. En: Memorias del Museo de Historia Natural Javier Prado. Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Figura 1. *Telmatobius peruvianus* Wiegman, 1834. Región de Arica y Parinacota (Quebrada de Allané) (Fotografía: G. Lobos)

Figura 2.
Estero Allane, Región de Arica y Parinacota

Figura 3. Trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* capturada en estero Allane

Rescate de *Telmatobius dankoi*, la ranita del Loa

Gabriel Lobos V[1], Roberto Villablanca[3], Andrés Charrier[4] y Hugo Salinas[5]

[1]Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, Calama, Chile.

[2]Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

[3]SEREMI del Medio Ambiente, Región de Antofagasta

[4]IUCN Species Survival Commission, Amphibian Specialist Group

[5]Ecodiversidad Consultores, Santiago, Chile

Telmatobius dankoi, es una rana restringida a un arroyo del Oasis de la ciudad de Calama, el que se encuentra amenazado por la conversión de los suelos hacia la agricultura y urbanización. La población de este anfibio es pequeña, ratificando su carácter microendémico (Lobos et al. 2016).

El día jueves 27 de junio de 2019, ante una denuncia de impacto en el área de distribución de *Telmatobius dankoi*, se visitó los sitios prospectados por Lobos et al. (2016), en conjunto con representantes del Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama de Calama y representantes de la comunidad indígena Chunchuri. En aquella visita se pudo observar, que el arroyo donde habita *T. dankoi* se encontraba seco en gran parte de su cauce.

En aquella prospección, se realizó un recorrido por toda el área y se constató que en la parte alta del sector (donde se ubica la vertiente que da origen al arroyo), había una excavación, un drenaje y una poza en franca desecación. En esta última, se registró la presencia de unas pocas ranas de la especie *T. dankoi* (Fotografía 1 a Fotografía 4).

En ese momento, la situación, era extremadamente grave, pues podía involucrar la pérdida de una especie microendémica. Debido a esto, se procedió a realizar una denuncia a la brigada de delitos ambientales de la Policía de Investigaciones, por grave daño ambiental sufrido en el arroyo "Las Cascadas", único sitio donde habita la ranita del Loa, *T. dankoi*, especie en Peligro Crítico de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN y el Reglamento de Clasificación de especies.

Ante esta situación, el día martes 2 de julio de 2019, y previa obtención de un permiso de captura científica, se realizó el rescate de los individuos encontrados en aquella poza, y la prospección de este anfibio, en otros sitios del oasis de Calama y del río Loa. Posteriormente, en una segunda prospección (1 al 3 de agosto de 2019), se rescataron 14 nuevos ejemplares que fueron trasladados al Zoológico Nacional de Santiago para una cría *ex situ*. Estas experiencias se reportan a continuación.

Fotografía 1. Pozo de perforación en naciente del arroyo, sector Las Cascadas.

Fotografía 2. Arroyo del sector Las Cascadas completamente seco.

Fotografía 3. Drenaje y pequeña circulación de agua Sector Las Cascadas (no más de un centímetro de profundidad). Junio 2019.

Fotografía 4. Excavación y poza en desecación con presencia de animales.

Distribución y presencia

Para la búsqueda de los anfibios, se realizaron búsquedas activas ("Visual Encounter Surveys") de larvas y adultos durante el día (Díaz – Páez et al. 2002) y capturas con chinguillos. En todo momento, durante la campaña se veló por el bienestar de los ejemplares, y se utilizaron las medidas de bioseguridad.

Manipulación de los animales

Se siguieron las indicaciones del protocolo de bioseguridad de la Asociación Red Chilena de Herpetología (Lobos et al. 2011), para obtener información del sexo, talla y peso de los animales. Para el rescate de animales, se trasladaron los ejemplares en cajas plásticas con agua del mismo sitio de captura, y manteniendo cuidado en la ventilación de los recipientes hasta el lugar de destino. Además, se estimó su condición corporal de forma cualitativa, mediante una inspección visual de los ejemplares que permitió estimar la grasa acumulada de los ejemplares, de esta forma, los individuos fueron clasificados en 5 grupos:

Condición corporal 1: Ejemplares extremadamente delgados, con vértebras y pelvis notoriamente marcados, sin grasa corporal en brazos y piernas.

Condición corporal 2: Ejemplares muy delgados, con vértebras marcadas y huesos de la pelvis apenas marcados. Algo de grasa en piernas y brazos.

Condición corporal 3: Ejemplares en buen estado, se pueden palpar las vértebras con una leve presión, pero estas no se marcan notoriamente.

Condición corporal 4: Ejemplares con notoria acumulación de grasa en brazos y piernas.

Condición corporal 5: Ejemplares obesos, huesos difíciles de palpar.

Sitio de relocalización

Los individuos del primer rescate, fueron relocalizados en la vertiente Ojos de Opache (sector de Gendarmería de Chile) (Fotografía 5), comuna de Calama, región de Antofagasta. Esta se encuentra ubicada a 6 km del sector Las Cascadas, donde los ejemplares fueron rescatados. Esta vertiente forma parte del acuífero de Calama, y es parte de la cuenca del río San Salvador. Geográficamente se ubica entre los ríos Loa por el sur y río San Salvador por el norte. Los ejemplares del segundo rescate (14 individuos), fueron trasladados al zoológico nacional de Santiago, a su centro de cría *ex situ*.

Actualmente la distribución de la especie *T. dankoi* se restringe solamente a un solo sitio (Las Cascadas). Sin embargo, estudios preliminares realizados por Lobos et al. 2016 muestran que Ojos de Opache y Las Cascadas presentaron parámetros similares en calidad de agua para prácticamente todos los indicadores medidos, alta oxigenación, pH ligeramente alcalino, baja turbiedad y bajos sólidos disueltos. Además, se observaron valores similares de cobertura vegetacional (>60%) con presencia de algas; un caudal lótico con una velocidad del agua moderada y presencia de sectores donde el agua disminuye su velocidad; y abundantes sitios potenciales de refugio dada la presencia de cuantiosa vegetación ribereña y un sustrato blando. Tampoco se registraron diferencias significativas en los valores de humedad y temperatura ambiental, que se debería a las cercanías entre los sitios.

Marcaje de los ejemplares

Para posteriores monitoreos se realizó un marcaje utilizando nanochip de 8,4 mm de largo y 0,02 g de peso (Biomark Co.), implantado bajo la piel, y posteriormente se selló la incisión con una gota de Cianocrilato en gel. De este modo, es posible poder identificar a los animales que se capturen durante los monitoreos posteriores del sitio.

Fotografía 5. Vertiente Ojos de Opache (sitio de relocalización).

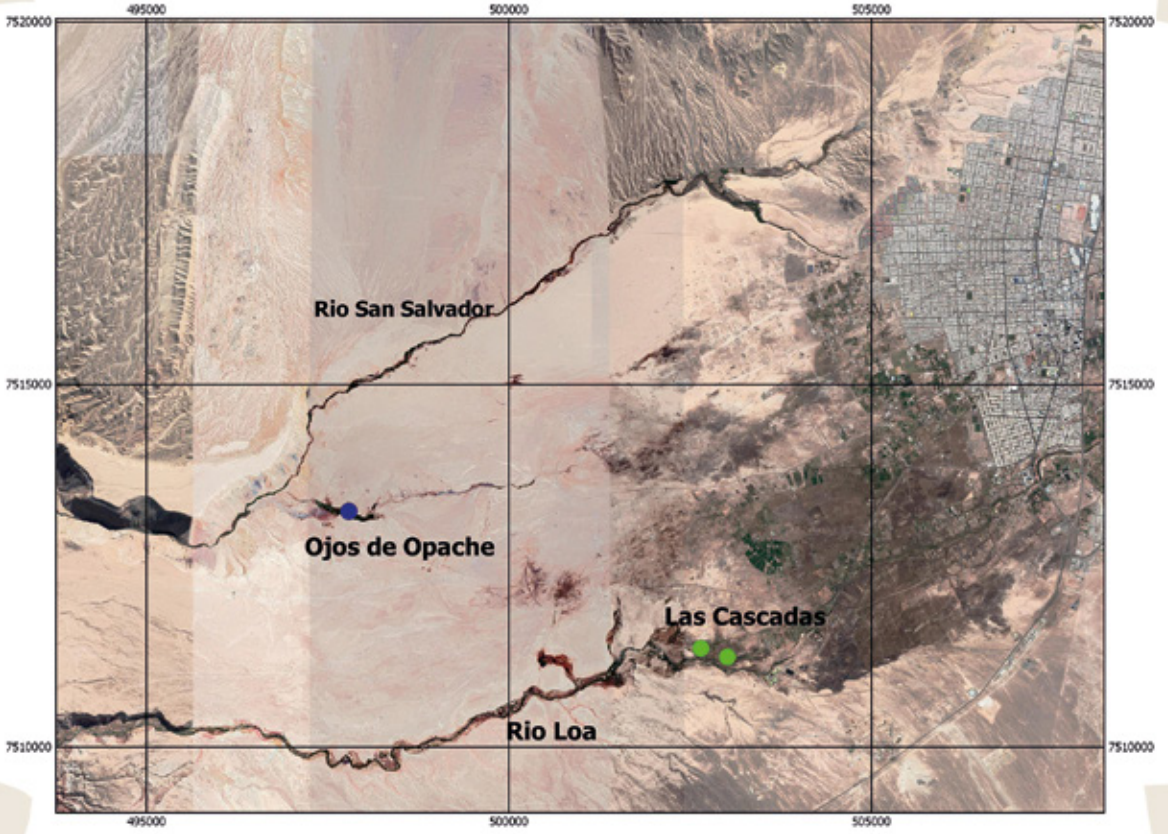


Figura 1. Mapa de los sitios de interés principales, Las Cascadas (sitio de rescate) y Ojos de Opache (sitio de relocalización)

Presencia de ranitas del Loa

En la Tabla 1 se señalan los sitios prospectados para la búsqueda de *T. dankoi* y el número de individuos observados. Solamente se encontraron ejemplares en el sector de Las Cascadas, en una poza de unos 10 m2, la cual corresponde al único sitio conocido para la especie. Esta poza se encontraba en franca desecación por lo tanto fueron rescatados todos los individuos colectados (62 ejemplares).

Tabla 1. Sectores prospectados (coordenadas UTM; WGS84, Uso 19S).

Sector	Coordenadas UTM		Presencia de *Telmatobius dankoi*
	Este	Norte	
Sector Las Cascadas	503368	7511295	62 ejemplares
Canal de riego (Sector Las Vertientes)	502989	7511474	ninguno
Ojos de Opache bajo (sector Gendarmería de Chile)	497769	7513250	ninguno
Ojos de Opache alto (naciente)	500336	7513686	ninguno
Yalquincha	514904	7516176	ninguno
Lasana	539044	7539328	ninguno

* Posteriormente, el día 3 de agosto se capturó 12 individuos en el sector Las Cascadas y 2 en Ojos de Opache para su traslado al zoológico nacional.

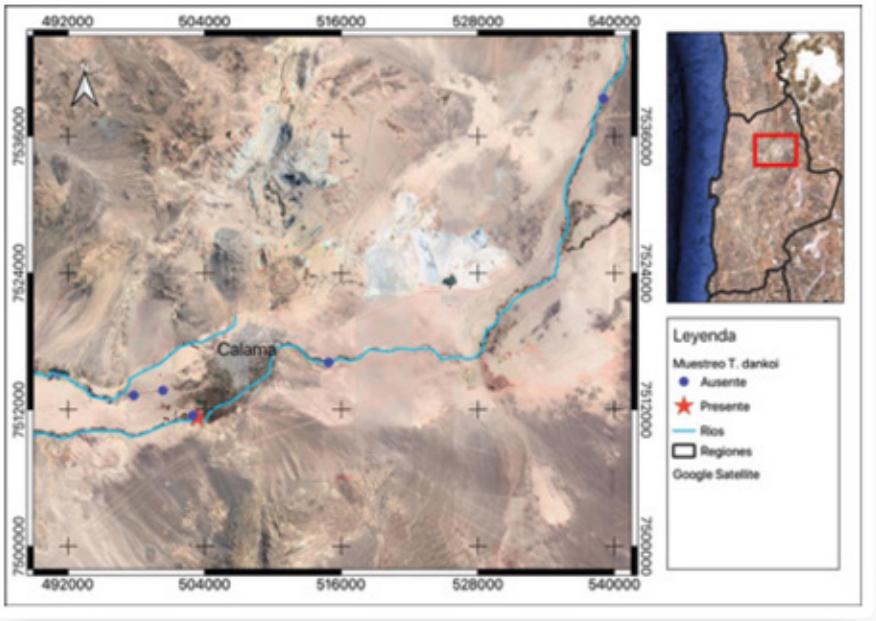


Figura 2. Mapa de los sitios prospectados en búsqueda de *T. dankoi* (Coordenadas UTM; WGS84, USO 19S).

Ejemplares rescatados

Entre el 2 y 4 de julio del 2019, se capturaron y relocalizaron 62 ejemplares de *T. dankoi*, desde una poza pequeña de unos 10 m2 ubicada en el sector Las Cascadas hacia el sector de Ojos de Opache (sector de Gendarmería de Chile).

Los ejemplares correspondieron a 26 hembras, 32 machos y cuatro individuos juveniles, que no fue posible determinar el sexo. Los individuos rescatados promediaron 4,86 cm de longitud hocico-cloaca. Las hembras presentaron una longitud hocico-cloaca mayor que los machos, con un promedio de 5,17 cm, mientras que los machos promediaron 4,78 cm de longitud (tabla 2). No se encontraron larvas.

En cuanto a la condición corporal de los ejemplares rescatados, para machos y hembras fue más frecuente presentar una condición corporal tipo 2 (54% en hembras y 72% en machos), es decir presentaron baja acumulación de grasa corporal, que se evidenció por la observación notoria de las vértebras, pelvis y de otros huesos. Además, se encontraron 8 ejemplares que presentaron condición corporal 1 (15% en hembras y 13% en machos) (fotografía 6), lo que indica pérdida casi completa de la grasa corporal con vértebras y pelvis muy arcadas, al igual que los huesos de las extremidades. Por otro lado, se evidenció que los ejemplares juveniles, presentaron mejor condición corporal que los adultos (75% de los ejemplares juveniles en condición corporal 3), lo cual se podría deber a que en los primeros estados de desarrollo, la cola de las larvas funciona como depósito de grasa la cual es reabsorbida durante la metamorfosis (tabla 3).

Tabla 2. Longitud hocico cloaca de los individuos rescatados.

Sexo	Número de individuos	Promedio longitud hocico-cloaca
Hembra	26	5,17
Macho	32	4,78
Indeterminado	4	3,63
Total	**62**	**4,86**

* Posteriormente, el día 3 de agosto se capturó 12 individuos en el sector Las Cascadas y 2 en Ojos de Opache para su traslado al zoológico nacional.

Tabla 3. Condición corporal de individuos rescatados (número de individuos).

Sexo / Condición corporal	Número de individuos	Porcentaje de indivuduos
Hembra	**26**	**100%**
CC1	4	15%
CC2	14	54%
CC3	8	31%
Macho	**32**	**100%**
CC1	**4**	**13%**
CC2	**23**	**72%**
CC3	**5**	**16%**
Juveniles	**4**	**100%**
CC2	1	25%
CC3	3	75%

CC=condición corporal

Posteriormente, entre los días 1 al 3 de agosto de 2019, fue posible capturar 12 nuevos ejemplares en el sector de las Cascadas (en ese momento, fluía más agua en el arroyo) y dos en Ojos de Opache; animales que fueron trasladados al centro de cría *ex situ* del zoológico nacional de Santiago. Posteriormente, se han realizado 5 monitoreos en las Vertientes y Ojos de Opache, donde se han registrado 8 individuos que sobrevivieron en las vertientes (en enero de 2020 se constató presencia de una larva; signo de reproducción en el sitio) y alrededor de 6 individuos de los que fueron trasladados a Ojos de Opache. En este último caso, el bajo número de capturas podría obedecer a la mala condición en que se encontraban los animales que fueron trasladados, a las dificultades logísticas de muestreo en este arroyo (cubierto por una densa vegetación), falta de refugios adecuados para los animales y recientemente, al deterioro del entorno del sitio de relocalización.

Fotografía 6. Rescate de individuos de *Telmatobius dankoi* en sector Las Cascadas.

Fotografía 7. Ejemplar de *Telmatobius dankoi* con condición corporal 1

Fotografía 8. Traslado de ejemplares de *Telmatobius dankoi* hacia el Zoológico Nacional de Santiago

Reflexiones

En el país, carecemos de un programa de emergencia que permita una reacción oportuna y eficaz frente a catastrofes que afectan a flora y fauna nativa en riesgo de conservación.

Se necesita de experiencias de conservación en cautiverio para anfibios nativos. Programas de aprendizaje deberían realizarse con algunas especies que no se encuentran con graves problemas de conservación.

Gran parte de los ejemplares rescatados presentaron una baja condición corporal, posiblemente debido a la falta de alimento y el deterioro de habitat en el sector Las Cascadas. Ello pudo ser un importante factor que afectó el traslado de esos animales hacia Ojos de Opache. Lamentablemente, en Calama, no hay un centro de rescate de fauna que hubiera podido recibir estos animales para su mantención. El traslado de animales hacia centros lejanos (por ejemplo zoologico nacional) requiere de permisos previos del Servicio Agrícola y Ganadero, los que son requeridos por la autoridad aeronaútica para el traslado de animales por vía área. No menos importante, es el hecho de que se necesita centros que esten habilitados para recibir animales en situaciones de emergencia (acuarios, alimentos, medicinas, personal, entre otros elementos).

La situación ambiental del sector Las Cascadas es gravisima, pues puede representar la extinción de la especie *T. dankoi*. Es de esperar que nuevas prospecciones permitan encontrar sitios donde la especie haya podido soportar la sequía. Lo sucedido a esta especie de anfibio, se enmarca dentro de un claro deterioro ambiental de todo el oasis de Calama, donde la urbanización e industrialización del área esta afectando a todo este ecosistema.

Referencias

Formas JR, Northland I, Capetillo J, Nuñez JJ, Cuevas CC, Brieva LM. 1999. *Telmatobius dankoi*, una nueva especie de rana acuática del norte de Chile (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia

Natural 72: 427–445.
Lobos G, Vidal M, Labra A, Correa C, Rabanal F, Díaz-Páez H, Alzamora A, Soto C. 2011. Protocolo para el control de enfermedades infecciosas en anfibios durante estudios de campo. Red Chilena de Herpetología. www.media.wix.com/ugd/a92899c4bf8034a3ec9e8f73b3af30b015995d.pdf.

Lobos G, Rebolledo N, Charrier A, Rojas O. 2016. Natural history notes of *Telmatobius dankoi* (Anura, Telmatobiidae), a critically endangered species from northern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environmental: http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2016.1203519.

Veloso A, Nuñez H. 2004. *Telmatobius dankoi*. En: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1.

Conservación *ex situ* de *Telmatobius dankoi*

Osvaldo Cabeza[1], Loreto Peña[1], Sebastián Almarza[1], Andrea Caiozzi[1], Alejandra Montalba[1]

[1] Zoológico Nacional del Parque Metropolitano de Chile

Introducción

La reproducción *ex situ* (sacar a animales altamente amenazados de la naturaleza, para intentar su reproducción en cautiverio), actualmente es considerada como una de las herramientas para recuperar poblaciones de especies amenazadas. En este sentido, el Zoológico Nacional ha desarrollado un programa de conservación *ex situ* de anfibios, comenzando a trabajar desde el 2010 con la crianza y reproducción en cautiverio de la ranita de Darwin (*Rhinoderma darwinii*), tiempo después, dada las condiciones de amenazas de los batracios de nuestro país, el programa se amplió para trabajar con otras especies, solicitando autorización al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para convertirse en un centro de conservación de anfibios nativos. Gracias a esta ampliación del permiso, se incorporó en el plan de conservación al sapo hermoso (*Telmatobufo venustus*), un anfibio endémico de nuestro país que se puede encontrar solo en tres localidades (Formas et al. 2001). Años después, en agosto de 2019, ante la contingencia, por lo crítica que se encontraba la especie y la evidente pérdida del hábitat en donde vive, se comenzó a trabajar con *Telmatobius dankoi*, generando un plan de recuperación del estado de salud de los animales para posteriormente, si son exitosas las primeras etapas, trabajar en un plan de conservación, reproducción y crianza *ex situ*, apoyados y asesorados por distintos investigadores y una especialista con experiencia en el género *Telmatobius*.

La especialista Patricia Mendoza, de la Iniciativa de Anfibios de Bolivia, con amplia experiencia en el manejo de anfibios del genero *Telmatobius*, capacitó a los funcionarios del Zoológico Nacional, entregando herramientas que aportan al bienestar de esta especie, siendo un aporte importante para lograr cumplir las metas propuestas.

Recuperación y adaptación al Cuidado Humano.

Luego de conocer el estado crítico en que se encontraba *T. dankoi* en vida silvestre, y evidenciando el precario estado de salud en el que se encontraban, se desarrolló un programa de trabajo que se dividió en tres etapas, de las cuales, las dos primeras fueron decisivas, ya que determinaría si los animales podían sobrevivir, recuperarse y adaptarse al cautiverio.

Etapa 1: Recuperación del estado de salud.
Etapa 2: Adaptación al cautiverio y alimentación sin asistencia.
Etapa 3: Reproducción y crianza.

Parte del éxito de la conservación *ex situ* es replicar las condiciones ambientales en las que habita la especie, por esta razón, previo a que los ejemplares ingresaran a las instalaciones del Zoológico Nacional, se estudiaron los parámetros ambientales de diferentes vertientes aledañas a la localidad donde habitaba. Lamentablemente, estos estudios no podían ser referentes, debido a que muchas de las particularidades ambientales de su hábitat estaban alteradas, además, parte de los parámetros evaluados, no eran replicables en el manejo en cautiverio.

Uno de los documentos que se utilizó como base para determinar los parámetros ambientales, fue obtenido del trabajo "Natural history notes of *Telmatobius dankoi* (Anura, Telmatobiidae), a critically endangered species from northern Chile" (Lobos et al. 2016). Este trabajo aportó información relevante para establecer los parámetros basales que servirían como guía para la replicación de gran parte de sus requerimientos ambientales.

La dureza del agua se define como la cantidad de sales disuelta en agua dulce (dGH) o conductividad del agua (Andrews et al. 1988), este parámetro cobra gran importancia para los *T. dankoi*. Para ser replicada artificialmente, se utilizó una receta de carbonato facilitada por especialistas en la crianza *ex-situ* del género *Telmatobius* de Bolivia, la que ayudaría a manejar correctamente la dureza del agua y a la vez el pH.

El oxígeno disuelto (OD), es otro de los parámetros críticos que deben ser estudiados para ofrecer una calidad de agua adecuada en los anfibios, la concentración de OD depende del volumen de agua, la densidad de la población, la carga orgánica y la eficiencia del biofiltro (Odum y Zippel 2004). Demasiado OD en el agua, puede derivar a una hiper saturación y desencadenar patologías como "Enfermedad de Burbuja de Gas" ocasionando eritema, hemorragia y muerte del ejemplar afectado (Whitaker 2001).

Por esto, estudiar las condiciones ambientales, debe considerarse como un pilar fundamental de la biología e historia natural de los anfibios, lo que se convierte en una necesidad en casos tan extremos como el expuesto en este documento. Gran parte de las especies de anfibios nunca han sido mantenidas en cautiverio, por tanto, tenemos mucho que aprender para obtener resultados positivos en la conservación *ex situ* de esta taxa (Poug 2007).

Figura 1. Estado de condición corporal 1 de 5 en cuatros ejemplares.

Ingreso de los animales

Los ejemplares que se trasladaron al Zoológico Nacional del parque Metropolitano de Santiago, fueron atendidos inmediatamente por un equipo multidisciplinario;

integrado por el equipo de herpetología, el equipo de Salud Animal del Zoológico Nacional y los investigadores que participaron del rescate de los animales. Para disminuir el tiempo de trabajo y reducir el estrés, se crearon tres grupos de trabajo conformados cada uno por dos personas.

En esta primera inspección, se logró determinar el estado de salud de cada individuo obteniendo como resultado de la evaluación el siguiente diagnostico:

Todos presentaban baja condición corporal ,12 ejemplares presentaron condición corporal 1 de 5 (figura 1); 2 ejemplares presentaron condición corporal 2 de 5. Todos los ejemplares presentaban retención de muda, lesiones cutáneas en miembros anteriores, posteriores, dorso y vientre (figura 2), coloraciones de piel oscura, deshidratación y un ejemplar, notoriamente se encontró en peores condiciones y mayor debilidad, en comparación al resto de los individuos (ejemplar que murió días después del ingreso).

Figura 2. Lesiones cutáneas ventrales y en miembros posteriores.

Posterior al procedimiento de recepción, los ejemplares fueron trasladados al centro de conservación de anfibios nativos, donde se alojaron y se inició el trabajo del programa de conservación contemplando las tres etapas, cada una de ellas, con criterios que permiten determinar si los ejemplares pueden pasar a la siguiente etapa de trabajo.

Etapa 1: Recuperación del estado de salud

Esta primera etapa tuvo como objetivo principal estabilizar y recuperar el estado de salud basal de los animales. Para ello, se utilizó técnicas como; asistencia nutricional, fluidoterapia y manejo del estrés. Se definieron como criterios para determinar el éxito o fracaso de esta primera etapa y verificar si cada ejemplar estaba listo para continuar a la siguiente etapa del proceso, los siguientes parámetros:

Cada ejemplar debía aumentar de condición corporal y llegar a 3 en la escala de 5.
Está atento al medio.
Sin retención de muda.
Sin lesiones cutáneas.

Figura 3. Alimentación forzada en una ranita del Loa.

Para la asistencia nutricional, se determinó el requerimiento energético de cada individuo calculando la tasa metabólica basal. Con la información obtenida, se comenzó a trabajar con el 15% del total del requerimiento energético, para evitar que los ejemplares presentaran el síndrome de realimentación. La cantidad de alimento ofrecido fue pesada y entregada para satisfacer los requerimientos de cada animal y aumentado semanalmente, dependiendo la evolución de cada ejemplar. La administración del alimento, se realizó utilizando dos vías; alimentación semi

forzada: para ejemplares que deglutían bien y no regurgitaban el alimento (figura 3), y alimentación por sonda: animales que regurgitaban o no engullían la dieta entregada.

Parte de la dieta ofrecida en este periodo, fue pellets de anfibios marca MAZURI en la siguiente proporción: 50% pellets-50% agua y distintas especies de invertebrados como, tubifex, artemia salina, larvas roja de mosquitos, caracoles y lombrices de tierra.

Para el manejo de la hidratación y eliminación de la piel retenida, los ejemplares fueron tratados individualmente, con baños de suero ringer para anfibios por 5 minutos, una vez al día, además, se suplementó a los individuos con gluconato de calcio al 2%, ofreciendo 2 gotas en la piel, lo que ayudó en la recuperación de minerales perdidos durante el período de desnutrición al que estuvieron sometidos (Whitaker 2001).

Los resultados en esta primera etapa, se comenzaron a observar luego de 3 meses de trabajo, cuando los animales empezaron a cumplir los criterios propuestos, lo que indicaba que estaban listos para pasar a la siguiente etapa (figura 4).

Figura 4. Evolución del estado de condición corporal ejemplar N° 14. De derecha a izquierda 5 de agosto de 2019, 5 de septiembre de 2019 y 4 de octubre de 2019.

Etapa 2: Adaptación al cautiverio y alimentación sin asistencia.

En esta etapa, el objetivo fue estimular el consumo de alimentos sin necesidad de forzar o asistir a los ejemplares, y lograr una adaptación al manejo bajo cuidado humano. Los criterios que se definieron para completar esta etapa de trabajo fueron:

> Mantener su peso sin asistencia nutricional.
> Disminución de la conducta de escape, estableciendo una interacción positiva entre el guardafaunas y el animal.

Para el manejo del estrés y la conducta de escape, se ofrecieron diferentes tipos de escondites, tanto en el fondo del acuario, como en la superficie, creando así, barreras visuales para evitar que los animales se sintieran expuestos.

Para estimular el consumo autónomo del alimento, se ofrecieron diferentes tipos de invertebrados vivos como larvas de mosquitos, artemia salina y daphnia, que se movían en el fondo del agua y estimulaban el consumo por parte de los anuros. La asistencia nutricional fue retirada gradualmente. Durante la primera semana, se ofreció alimentación asistida dos veces por semana y el resto de los días, solo se ofreció alimento vivo y se realizaban observaciones para evidenciar el consumo autónomo por parte de los anfibios. Luego de registrar el primer consumo de cada ejemplar, la alimentación asistida disminuyó de frecuencia.

Después de una semana de evaluación, se observó que la mayoría de los animales comían por sí solos, por lo que se determinó que los animales ya no requerían de la alimentación asistida, y comenzó a ofrecerse sólo alimento vivo (figura 5).

Los resultados de esta etapa 2, se comenzaron a evidenciar luego de un mes, cuando se verificó que los ejemplares mantuvieron su peso y su condición corporal, y a su vez, comenzaron a aceptar nuevos alimentos, como tubifex liofilizados, insectos en conserva, grillos, lombrices de tierra, entre otros. La conducta de escape comenzó a disminuir, y los animales comenzaron a establecer la interacción positiva con los guardafaunas que se esperaba con el trabajo realizado.

Figura 5. Alimentación sin asistencia, ejemplar N° 11.

Etapa 3: Reproducción y crianza.

Actualmente, la mayoría de los ejemplares están listos para comenzar esta etapa, en la que se realizarán estudios genéticos de cada individuo, con la ayuda de investigadores especialistas en el tema, con objeto de tener las características de cada individuo, de determinar su variabilidad genética y establecer parejas reproductoras que puedan ser representativas para la especie, disminuyendo, así, el riesgo de endogamia.

Para esta etapa, se preparan nuevos ambientes, con acuarios más grandes, un ambiente más complejo y con más escondites (refugios), a la vez, se seguirán estudiando permanentemente los parámetros ambientales para lograr establecer un ciclo ambiental que pueda estimular la reproducción, la crianza y su conservación *Ex situ*.

Referencias

Andrews C, Exell A, Carrington N. 1988. The Manual of Fish Health. Tetra Press, Morris Plains, NJ. Pp 44-45.

Formas JR, Nuñez JJ, Brieva LM. 2001. Osteología, taxonomía y relaciones filogenéticas de las ranas del género *Telmatobufo* (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 74: 365-387.

Lobos G, Rebolledo N, Charrier A, Rojas O. 2016. Natural history notes of *Telmatobius dankoi* (Anura, Telmatobiidae), a critically endangered species from northern Chile.

Studies on Neotropical Fauna and Environmental: http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2016.1203519

Odum RA, Zippel K. 2004. Water Quality. Monograph for Amphibian Biology and Management. AZA 2004. Pp. 26.

Pough FH. 2007. Amphibian biology and husbandry. ILAR Journal 48(3):203-213.

Wright KM, Whitaker BR. 2001. Amphibian Medicine and Captive Husbandry. Keieger Publishing Company. Malabar, Florida.

Zippel K, Lacey R, Byers O (editores) 2006. CBSG/WAZA Amphibian *Ex Situ* Conservation Planning Workshop Final Report. IUCN/SSC Conservation Breeding

Acciones de educación ambiental; el caso de la ranita del Loa *Telmatobius dankoi*

Osvaldo Rojas[1] & Gabriel Lobos[1,2]

[1]Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, Calama, Chile

[2]Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile

Introducción

En este capítulo, presentamos las estrategias que hemos desarrollado para el empoderamiento por parte de la comunidad, respecto a los problemas de conservación de la ranita del Loa. Todas estas actividades se enmarcan en las acciones ejecutadas por el proyecto "Acciones de Conservación y Educación Ambiental en *Telmatobius dankoi*, la rana en Peligro del Loa. Las actividades de difusión de una especie, sin duda se ven facilitadas cuando ellas tienen un carácter de especies emblemáticas (como sucede por ejemplo con los osos pandas o los tigres). Sin embargo, en especies más desconocidas y menos llamativas (como gran parte de los anfibios), es importante entender que elementos del pensamiento humano, generan aversión o cercanía con una especie.

John Fisher (citado por Gruen 1995), sostiene que la simpatía (como corriente bioética) es importante para la teoría moral, pues permite determinar, quiénes son los receptores de este interés. Para este pensador, aquellos seres con los que podemos simpatizar, deben ser objeto de consideraciones morales. En este contexto, la difusión que se ha realizado en nuestro país sobre la necesidad de conservación de los anfibios (Lobos et al. 2013), ha permitido cambiar la percepción ciudadana sobre estos animales y ha promovido políticas de conservación para ellos y sus ambientes.

Otra idea importante en el pensamiento conservacionista, dice relación con la idea de los derechos animales o posición igualitaria. Tom Regan (1985), planteó que todos los seres tienen derechos, con un valor inherente, el cual es independiente de su utilidad, en donde los derechos protegen ese valor. Para Regan, estos principios aplicaban fundamentalmente para los mamíferos superiores, probablemente por una cercanía de especie.

Una corriente de pensamiento de amplio arraigo ha sido el Utilitarismo, planteado por Bentham (1948). Ella busca lograr la máxima felicidad para el mayor número de seres. Su parte medular es que no importa si no pueden razonar o hablar, lo que importa, es que pueden sufrir (Gruen 1995). En la actualidad, muchas sociedades científicas procuran minimizar el dolor y sufrimientos de los animales (APS 2002).

Otra corriente de pensamiento, ha sido la idea de la Integridad de las especies. Ella sostiene que la unidad básica de supervivencia es la especie, entonces ella debe ser sujeto de moral, más que el individuo. Esta corriente, ha sido el pilar para el movimiento conservacionista, que crítica la actitud destructiva del hombre con la naturaleza (Leopold 2004, Rozzi 2007).

Actualmente, existe toda una discusión en el país, respecto al alcance en el uso de animales para investigación (D´ Elia et al 2019). En este sentido, los viejos preceptos de Rusell y Burch (1959), conocidos como el Principio de las 3 erres, están muy vigentes: Reducción (disminuir el número de animales que se requieren para investigación por ejemplo, en laboratorios), Refinamiento (buscar nuevas metodologías que mejoren la calidad de los estudios con un menor uso de animales) y Reemplazo (se refiere a agotar todas las instancias antes de tener que usar animales para un determinado experimento o ensayo). Los comités de bioéticas de investigación, se encargan de velar por el correcto uso de estos preceptos en los proyectos de investigación.

De una u otra forma, todas estas tendencias han permeado a la sociedad, y así vemos, por ejemplo, que muchos productos cosméticos indican que no se testean en animales; que una producción de café, es sustentable con un bosque tropical; que una ciudad es sustentable, entre otras acciones. Sin duda, la educación ambiental, es el pilar fundamental para la protección de la naturaleza; en estos momentos y para las generaciones futuras.

Construyendo una imagen de la ranita del Loa

La ranita del Loa, *T. dankoi*, es un anfibio de talla media, de una coloración café, que vive bajo el agua de un desconocido arroyo. Por lo tanto, es importante generar una imagen que releve a esta especie dentro de la comunidad que la rodea. En este sentido, se deben resaltar algunos aspectos singulares de la especie, como por ejemplo; que es acuática, sus ojos son llamativos,

Fotografía 1. Caricatura representativa de la ranita del Loa (elaborada por Faunánimo).

que los anfibios son bioindicadores de la calidad del ecosistema y que su cuerpo está adaptado a una vida acuática (hidrodinámico, con membradas entre los dedos). De este modo, esperamos llegar con el mensaje de la ranita a la comunidad de Calama. Sin duda, el reconocimiento de la ranita del Loa, durante el año 2020, como la especie embajadora y representante de la fauna chilena, distinción entregada por la Fundación Jane Goodall, facilita la tarea.

Difusión

La difusión es un eslabón importante en la entrega del mensaje que necesitamos hacer llegar a la comunidad. En este sentido, se pueden idear pendones, chapitas, lápices, bolsas reutilizables, entre otros elementos. Para acompañar estas actividades, se construyó un corpóreo representativo de un anfibio. Del mismo modo, se construyó una maqueta de la ranita del Loa, con el objetivo de que las personas puedan tener una idea más real de cómo es la ranita y también puedan fotografiarse con ella. Por otra parte, se aprovecharan todas las instancias donde puedan realizarse exposiciones fotográficas relativas a la problemáticas de los anfibios.

Fotografía 2. Exposición de anfibios del norte de Chile. Proyecto FPA 2015.

Fotografía 3. Corpóreo de la ranita del Loa.

Fotografía 3. Representación maqueta de la ranita del Loa (Valeria Ochoa).

Educación ambiental

Las estrategias que hemos desarrollado, pueden clasificarse en dos tipos; acciones específicas y acciones de alcance general. En el primer caso, se realizaron talleres específicos a alumnos de colegios de la ciudad de Calama. De este modo, se realizaron actividades de formación en sala y aplicadas en terreno, de temas relacionados a los anfibios tales como el agua y sus propiedades, el ecosistema acuático, conservación y el caso de la ranita del Loa. Esta acción, ha sido desarrollada desde el año 2015 cuando se realizó el proyecto del Fondo de Protección Ambiental denominado "Conservación de *Telmatobius dankoi*, la rana en Peligro del Río Loa.

En el segundo caso, el Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama (Calama), lleva ya varios años desarrollando la actividad denominada "El Museo visita la Escuela". En esta actividad, se llevan a las escuelas materiales de difusión, exposiciones, maquetas, charlas y se genera una instancia para participación de la comunidad escolar. En este contexto, se agregó material relativo al proyecto de la ranita del Loa.

Fotografía 5. Actividad de educación ambiental ligada al Museo visita la Escuela.

Prensa

La difusión por medio de la prensa, ha sido un elemento importante para poder dar a conocer la problemática de la ranita del Loa. En este contexto, la dimensión que logro la noticia de la posible extinción de la ranita del Loa, alcanzó no solo a la prensa nacional, sino que también al ámbito internacional. Sin duda, los proyectos de conservación, requieren de un grupo de difusión que pueda resaltar la importancia del trabajo que se realiza en conservación, involucrando a actores como organismos públicos, ONGs, mundo privado, pueblos originarios y comunidad que habita en las proximidades de los ambientes objetivos de conservación.

Fotografía 6. Información publicada el 29 de agosto de 2019 que generó revuelo entorno a la ranita del Loa.

Fotografía 7. Información publicada el 7 de marzo de 2020, Revista del Sabado, del diario El Mercurio. Noticia en extenso sobre la ranita del Loa.

Conclusiones

La difusión en los proyectos de conservación resulta esencial, pues la conservación biológica requiere de investigación científica, participación comunitaria, políticas ambientales y en especial, educación ambiental. Sin duda, la difusión de un proyecto, está condicionada a los recursos económicos disponibles, pero con ingenio, siempre es posible superar las dificultades. Todo proyecto de conservación, más allá del tamaño del alcance de sus objetivos, es siempre una experiencia gratificante y digna de ser contada.

Referencias

APS (AMERICAN PHYSIOLOGICAL SOCIETY). 2002. Guiding principles. American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 283: 281 – 283.

Bentham J. 1948. An introduction to the principles of morals and legislation. Hapner press. New York.

D'Elía G, Jaksic F, Bacigalupe L, Bozinovic F, Canto J, Correa C, Fontúrbel F, Lisón F, Méndez M, Nespolo R, Opazo J, Palma RE, Rau J, Rodríguez S, Rodríguez-Serrano E, Sabat P, Vásquez R, Victoriano P. 2019. Sugerencias para mejorar la regulación chilena de manipulación de vertebrados terrestres en poblaciones naturales en el contexto de investigaciones científicas. GAYANA 83(1): 63-67.

Gruen L. 1995. Los animales. En compendio de ética (PETER SINGER Editor). Alianza Editorial Madrid, España. 469 – 482.

Leopold C. 2004. Living with the land ethic. BioScience 54: 149-154.

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

Regan T. 1985. The case for animal rights. In: Defense of animals (Ed. P. Singer), p. 13-26). Blackwell publishers, Oxford.

Rozzi R. 2007. De las ciencias ecológicas a la ética ambiental. Revista Chilena de Historia Natural 80 (4): 521-534.

Russell WMS, Burch RL. 1959. The Principles of Humane Experimental Technique. London: Methuen, insbesondere 69-154.

Proyecciones futuras en la conservación de *Telmatobius dankoi*

Roberto Villablanca[1], Charif Tala[2] y Sandra Díaz[2]

[1] SEREMI del Medio Ambiente, región de Antofagasta

[2] División de Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio del Medio Ambiente

Cuenca del Río Loa

De acuerdo al artículo 2° de la ley N° 19.300 sobre bases generales del medio ambiente, la conservación del patrimonio ambiental se define como "el uso y aprovechamiento racionales o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración". Respecto del componente biodiversidad, entonces es clave la determinación de los elementos (especies, ecosistemas), que cumplan con las características descritas en este artículo, y junto con ello, la determinación del estado de conservación en el que se encuentran. A partir de aquello, y junto con otros criterios, es posible, entonces, orientar las prioridades de conservación de una región o de un país, en el marco de las políticas públicas en esas materias.

En este contexto, la región de Antofagasta cuenta desde el 2002 con una Estrategia Regional de Biodiversidad, que en su fase de diagnóstico reconoció la existencia de tres ecosistemas regionales de alta importancia: la red de lagunas y salares altoandinos, los sitios costeros de concentración de surgencias marinas y la cuenca del río Loa. A partir de aquello, la región priorizó catorce sitios con alta relevancia para la conservación de la biodiversidad. De estos, cuatro sitios prioritarios fueron definidos para la cuenca del río Loa: cuenca alto Loa, oasis de Calama, oasis de Quillagüa y desembocadura del río Loa (ver figura 1). El foco fue puesto en la creación de áreas protegidas, en estos sectores representativos de las partes altas, medias y bajas del río, debido a su fragilidad, y a que están limitadas principalmente por las extremas condiciones climáticas y morfológicas del territorio del norte de Chile (Villablanca y Ibarra 2015).

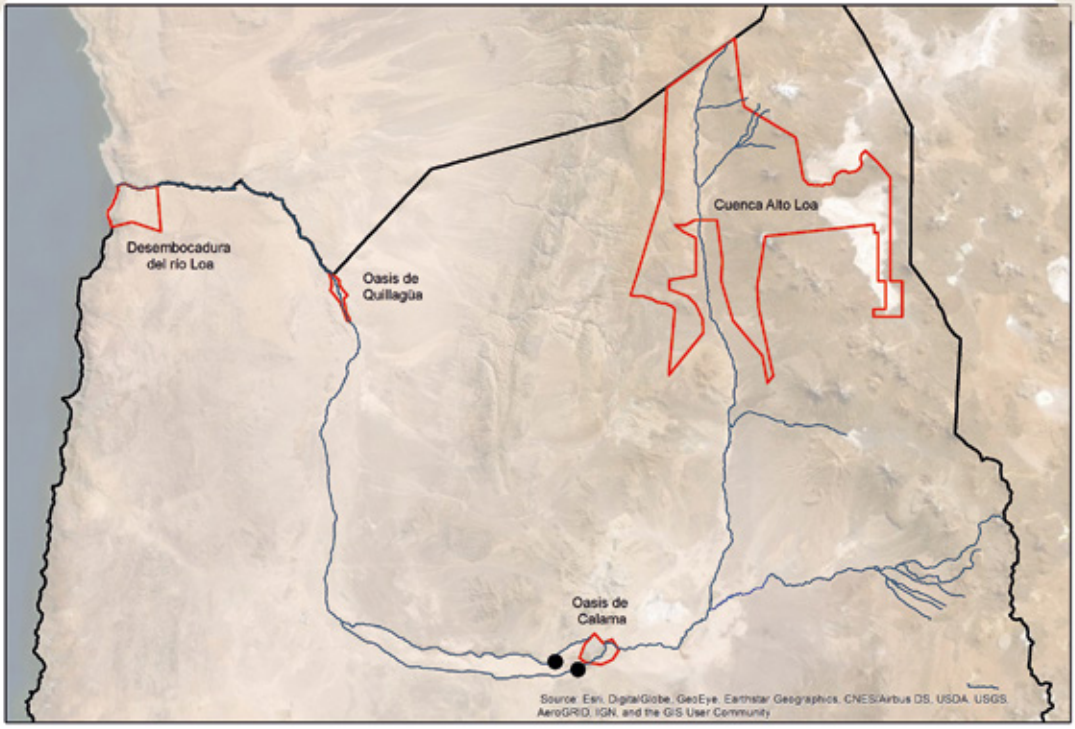


Figura 1. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en la cuenca del río Loa.
Los puntos negros indican los sitios con presencia de *T. dankoi*.

Actualmente, la cuenca del río Loa se encuentra expuesta a una elevada presión de uso, lo que sumado al bajo caudal medio anual del río, contribuye a la degradación de los ecosistemas acuáticos, lo que trae como consecuencia la pérdida de servicios ecosistémicos, la disminución de recursos hídricos disponibles para fines productivos y por sobre todo un aumento en las condiciones de estrés sobre la biota, en particular de especies muy sensibles a los cambios que experimente su hábitat, como es el caso de los peces y anfibios nativos.

Telmatobius dankoi

La ranita del Loa es una de varias especies "únicas, escasas o representativas" de la cuenca del Loa, cuyo hábitat (un arroyo en el oasis de Calama), se ha visto alterado significativamente, poniendo en serio riesgo la supervivencia de la especie. En respuesta a esta situación crítica, y tal como se ha descrito en profundidad en los capítulos anteriores, a partir de junio del 2019, se activó un plan de rescate de la ranita del Loa, coordinado por un equipo de investigadores especialistas en anfibios y profesionales del Ministerio del Medio Ambiente. En resumen, las medidas adoptadas permitieron rescatar los ejemplares de la vertiente "Las Cascadas", relocalizar algunos individuos en el sector de Ojos de Opache, trasladar otros al centro de cría *ex situ* del Zoológico Nacional de Santiago (Lobos y Salinas 2019), y posteriormente, monitorear la especie en el hábitat original y en el sitio de relocalización (Méndez 2019). Si bien estas medidas requerían ser aplicadas con extrema urgencia, estas debían ser complementadas con otras acciones de variada naturaleza (investigación, protección, educación ambiental, etc.), todo ello coordinado a través de un único plan de conservación.

Planes de Recuperación, Conservación y Gestión de Especies (planes RECOGE)
Chile cuenta con una larga experiencia en la elaboración de planes de conservación de especies. La Corporación Nacional Forestal (CONAF) fue pionera en esta materia, ya que en 1999 estableció su Programa para la Conservación de Flora y Fauna Silvestre Amenazada en Chile. Al alero de dicho instrumento, ha generado planes de conservación que han guiado las gestiones de conservación dentro de sus unidades. Otras instituciones también han utilizado esta herramienta de protección para especies de su interés, es así como el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) elaboró el Plan de Conservación del Puma y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) cuenta con dos iniciativas; el Plan de Acción Nacional para la Conservación de Tiburones y el Plan de Acción Nacional para Aves Marinas. La Comisión Nacional del Medio Ambiente participó en la coedición de tres de estos planes.

Estos planes han servido como instrumentos de gestión para la conservación de las especies, a pesar de que al momento de ser desarrollados no existía un procedimiento normalizado para estos fines, así como tampoco un proceso de revisión, actualización o análisis de su efectividad,

respecto de los objetivos expresados en cada uno de ellos. Solo en 2010, la Ley N° 20.417 crea la figura de Planes de Recuperación, Conservación y Gestión de Especies (Planes RECOGE), al modificarse la Ley N° 19.300, para aquellas especies clasificadas por el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres y le confiere al Ministerio del Medio Ambiente, facultades para ejecutar programas de investigación, protección y conservación de la biodiversidad.

El procedimiento para la elaboración de estos planes está establecido y descrito en el reglamento para la elaboración de los planes de recuperación, conservación y gestión de especies (Decreto Supremo N° 1 de 2014 del Ministerio del Medio Ambiente).

De acuerdo con el reglamento, los planes RECOGE se constituyen en Chile como instrumentos administrativos y de gestión que contienen el conjunto de acciones, medidas y procedimientos que deberán ejecutarse para recuperar, conservar y manejar especies clasificadas por el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación. Estos planes podrán ser elaborados para una especie en particular o para un grupo de especies, cuando éstas presenten características similares en términos de su biología, amenazas o distribución, teniendo presente que su enfoque principal es el control de las amenazas a que se enfrenta la o las especies.

La elaboración de los planes RECOGE se rige por principios donde destaca su carácter participativo y colaborativo, es decir, consideran a los diferentes actores relevantes, incluyendo instituciones del Estado, comunidad científica, académica, social y sector productivo en la elaboración e implementación de los mismos. Asimismo, dentro del proceso de elaboración se incorpora la participación ciudadana para aportar antecedentes de la o las especies sujetas a un plan y posteriormente para entregar sugerencias o comentarios a la propuesta de plan formulado por el grupo de elaboración.

En definitiva, la puesta en marcha de este reglamento, a través de la elaboración e implementación de los planes RECOGE, tiene como objetivo mejorar el estado de conservación de las especies nativas de Chile, mejorar la coordinación de las distintas instituciones del Estado para lograr una gestión eficaz en la conservación de las especies nativas, involucrar al

sector privado y la sociedad civil en la conservación de la biodiversidad y aportar al desarrollo sustentable.

El Reglamento de Planes prevé dos vías de elaboración, una de ellas donde el Ministerio del Medio Ambiente convoca y dirige la formulación y otra, donde un tercero somete una propuesta de Plan previamente elaborada (esta última forma se ha denominado "vía abreviada"). En ambos casos deben respetarse principios mínimos de participación y contenidos.

Actualmente, existen tres planes ya aprobados oficialmente, Plan RECOGE del Ruil, Plan RECOGE de Lucumillo y Plan RECOGE de Flora Costera del Norte, por lo que ya se encuentran 93 especies bajo este instrumento de gestión. Para otro número relevante de especies amenazadas se está trabajando en la elaboración de sus respectivos planes RECOGE, ya sea a través del Ministerio del Medio Ambiente o por la vía abreviada. Para el caso de la ranita del Loa, ya se ha manifestado la necesidad de comenzar con la elaboración del plan, siguiendo el procedimiento establecido en el reglamento.

Conservación de la ranita del Loa

Tal como se indicó anteriormente, el enfoque principal de un plan RECOGE está puesto en el control de las amenazas. Para ello, el reglamento establece como aspecto esencial, la identificación de los factores de amenazas y un diagnóstico del efecto que tienen o son susceptibles de tener en el estado de conservación de la especie.

Respecto de la identificación de las amenazas, en un trabajo desarrollado por el laboratorio de genética y evolución de la Universidad de Chile (Méndez et al. 2020), que contó con la participación de una serie de especialistas del género *Telmatobius*, se determinó que para el caso de *T. dankoi* esta especie presenta, al menos, tres amenazas actuales: las actividades mineras, la urbanización y las actividades turísticas, y tres potenciales: las enfermedades infecciosas emergentes, las actividades agrícolas y las especies exóticas introducidas. En el caso de las amenazas actuales, el principal daño asociado es la degradación del hábitat, tanto por el efecto

de fragmentación de los ambientes, como por la extracción de agua (subterránea y superficial). De hecho, el deterioro de la vertiente Las Cascadas se produjo por la drástica disminución del agua que aflora desde la napa subterránea, lo que obligó a implementar de urgencia el rescate y relocalización de los ejemplares capturados. Las causas de esta desecación casi total del hábitat son materia de investigación por parte de instituciones públicas con competencias en la materia (Superintendencia del Medio Ambiente; Brigada Investigadora de Delitos Contra el Medioambiente y Patrimonio Cultural de la Policía de Investigaciones). Sin perjuicio de lo expuesto, y altamente dependiente de la calidad de la información disponible, uno podría determinar cómo estas amenazas afectan a la especie, por ejemplo, determinando cual es el efecto que producen en los estadios larvales y en adultos, sobre el hábitat, la disponibilidad de alimento. Estos elementos podrían ser tratados de manera diferenciada, cada uno como un objeto de conservación distinto.

Otro aspecto importante de considerar en el plan RECOGE es la determinación de los actores asociados al instrumento de gestión, tanto en su elaboración como en su implementación. En el primer caso, es clave la activa participación de especialistas en fauna, en particular herpetólogos que hayan desarrollado estudios en anfibios del género *Telmatobius* e investigadores de las universidades locales (de esa manera se estimula la generación de capacidades a nivel regional). Junto con ello, es relevante la participación de los organismos públicos con competencia en la materia, como por ejemplo el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio Agrícola y Ganadero, la Corporación Nacional Forestal, el Zoológico Nacional, por nombrar algunos. También es importante incorporar la visión y conocimientos de los actores vinculados con el territorio, entre los que destaca la municipalidad de Calama, las asociaciones de canalistas, agricultores y comunidades indígenas, así como los dueños de los predios en el sector poniente del oasis de Calama. La participación de todos estos actores es esencial en la implementación de las medidas y acciones propuestas, tanto en su ejecución como en la búsqueda y obtención de financiamiento que permita alcanzar la o las metas definidas.

Respecto de las metas, el reglamento la define como aquel estado que se espera lograr para la o las especies con la ejecución del plan en un plazo determinado. Varios aspectos deben considerarse al momento de redactarla. Primero, conocer el estado actual de la o las especies,

y una adecuada aproximación es la clasificación según su estado de conservación, teniendo presente la información que pudiera haberse generado posterior a su definición. Segundo, que las posibilidades de recuperación de la o las especies dependen de diversos factores, tanto intrínsecos (por ejemplo biológicos y/o ecológicos) como externos (por ejemplo control de amenazas), y teniendo presente que el hábitat es un sistema complejo que varía naturalmente con el tiempo. Tercero, que la o las metas sean medibles en un periodo de tiempo determinado. En el caso de las metas propuestas para los planes RECOGE aprobados, se han definido como una mejora en el estado de conservación de las especies en un determinado plazo de ejecución del plan. Por ejemplo, para el plan RECOGE de la flora costera del norte de Chile (D.S. N° 44/2018 MMA) la meta propuesta fue que "En 20 años de ejecución del Plan, al menos, el 20% de las especies señaladas en el Plan mejoran su estado de conservación y el resto al menos mantiene su condición actual". En el caso del plan RECOGE del lucumillo (*Myrcianthes coquimbensis*; D.S. N° 43/2018 MMA), se definió una meta que además consideró aspectos asociados a la abundancia de la especie y su nivel de protección, quedando redactada de la siguiente manera: "a 20 años de aprobado el plan la especie mantiene la densidad actual de individuos adultos y estado de conservación y el 30% de la superficie cuenta con alguna figura de protección". Es probable que para el caso de *T. dankoi* considere, además, a la cantidad y calidad del hábitat disponible, como elemento crítico para la supervivencia de una especie microendémica, para un periodo de tiempo vinculado con el éxito de las medidas relacionadas con la recuperación del hábitat y la reproducción de individuos en cautiverio.

Para alcanzar estas metas, una propuesta de plan RECOGE para *T. dankoi* debería considerar, al menos, objetivos asociados al control de las amenazas y a la recuperación de la especie, para lo cual el diseño de las estrategias de intervención debe tener presente las características de las amenazas, en particular la extensión espacial y temporal en la que operan. En ese contexto, las acciones deben implementarse tanto en el hábitat de la ranita del Loa (por ejemplo la generación de hábitat, protección de sitios) como a una escala espacial mayor (a nivel del oasis de Calama). Sin perjuicio de lo anterior, las medidas pueden agruparse de acuerdo a los siguientes tipos:

a) medidas de conservación *in-situ*:

i. educación ambiental y puesta en valor de la especie a través de diferentes medios;
ii. protección, mediante la creación de áreas protegidas, y en un trabajo colaborativo con los actores locales que asegure una administración efectiva y el cuidado de los hábitats de la especie;
iii. ordenamiento territorial compatible con las demandas de calidad de hábitat de la especie;
iv. aplicación de buenas prácticas para diversas actividades, como la agricultura, el turismo y el manejo del agua;
v. el control de peces exóticas invasores como la trucha y la gambusia
vi. control de enfermedades infecciosas emergentes
vii. el rescate y relocalización de individuos en alto riesgo
viii. la restauración activa de los hábitats mediante la mantención o recuperación de los caudales de agua, o la generación de nuevos hábitats y refugios para los individuos.

b) medidas de conservación *ex-situ*:
i. la recuperación de individuos en condiciones de cautiverio, rescatados de hábitats deteriorados
ii. la reproducción en cautiverio para fines de reintroducción

Estas acciones deben ser complementadas con otras como el monitoreo e investigación científica tanto en los hábitats como en condiciones de cautiverio, la definición de ajustes legales que se requieran a cuerpos normativos con tal de crear mejores condiciones para el ejercicio de las actividades propuestas por el plan y la fiscalización ambiental a cargo de organismos técnicos con competencia en la materia.

Se debe considerar que la aplicación de las medidas no solo beneficiará a la especie y su hábitat, sino que también pueden contribuir a la recuperación del oasis de Calama y a una mejor relación entre el entorno natural de la cuenca del río Loa y quienes habitan ese territorio. En este sentido, la creación de áreas protegidas en el oasis constituirá un hito relevante, toda vez que la comuna de Calama no cuenta con suelos bajo protección oficial en las categorías consideradas en el proyecto de ley del servicio de biodiversidad y áreas protegidas.

Finalmente, el plan debe considerar la definición de responsables a cargo de la implementación de las medidas, la construcción de indicadores de seguimiento asociados a la o las metas, un procedimiento y periodo de evaluación del plan, la estimación de los costos estimados agrupados por objetivos y cuáles podrían ser las posibles fuentes de financiamiento. En ese contexto, existen diversas alternativas, tanto fondos públicos: Fondo Nacional de Desarrollo Regional, Fondo de Innovación para la Competitividad, Fondo de Protección Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente, fondos de investigación de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, entre otros; así como de privados, principalmente internacionales (Global Enviroment Facility, Amphibian Survival Alliance, The Rufford Foundation, empresas mineras)

Conclusiones

- Se requiere con urgencia la elaboración de un plan RECOGE para la ranita del Loa, esto sin perjuicio de las medidas y acciones que ya se están implementando a propósito de la delicada situación de la especie

- Es relevante considerar desde un principio la activa participación de los herpetólogos con experiencia en el género *Telmatobius* y de los actores locales en el diseño del Plan, quienes pueden aportar conocimiento científico y empírico basado en las experiencias.

- Las medidas adoptadas deben apuntar al control o eliminación de las amenazas en el hábitat de la especie, pero es probable que su aplicación lleve implícito una aproximación a escala de cuenca y a diferentes escalas temporales.

Referencias

Lobos G, Salinas H. 2019. Reporte rescate y relocalización de *Telmatobius dankoi* (Rana del Loa), sector Las Vertientes, Calama, Región de Antofagasta. Informe final Ministerio del Medio Ambiente. 15 pp.

Méndez M. 2019. Monitoreo y evaluación del estado de ejemplares de rana del Loa que fueron relocalizados en Calama y el hábitat asociado, Región de Antofagasta. Informe final Ministerio del Medio Ambiente. 16 pp.

Méndez M, Vila I, Sáez P, Fabres A. 2020. Sistematización de la información sobre las especies del género *Telmatobius*, Orestias y Pseudorestias en Chile. Informe final Ministerio del Medio Ambiente. 161 pp.

Villablanca R, Ibarra J. 2015. Diagnóstico y Evaluación (2002-2015) de la Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta. Santiago, Chile. 214 pp.