

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL Y DE HÁBITAT DE *Telmatobius* (GRUPO *hintoni*) EN LAS VERTIENTES DEL SALAR DE ASCOTÁN, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

NICOLÁS HERNÁN REBOLLEDO FLORES

Santiago, Chile

2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL Y DE HÁBITAT DE *Telmatobius* (GRUPO *hintoni*) EN LAS VERTIENTES DEL SALAR DE ASCOTÁN, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

POPULATION AND HABITAT CHARACTERIZATION OF *Telmatobius* (*hintoni* GROUP) AT THE SPRINGS OF ASCOTÁN SALT FLAT, ANTOFAGASTA REGION

NICOLÁS HERNÁN REBOLLEDO FLORES

Santiago, Chile

2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL Y DE HÁBITAT DE *Telmatobius* (GRUPO *hintoni*)
EN LAS VERTIENTES DEL SALAR DE ASCOTÁN, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

NICOLÁS HERNÁN REBOLLEDO FLORES

Profesor Guía	Calificaciones
Sr. Jorge Pérez Q. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,0
Profesores Evaluadores	
Sr. Cristián Estades M. Ingeniero Forestal, Ph.D.	6,8
Sr. Álvaro Gutiérrez I. Ingeniero Forestal, Ph.D.	6,4
Colaborador	
Sr. Gabriel Lobos V. Médico Veterinario, Dr.	

Santiago, Chile

2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer el apoyo de mis profesores Jorge Perez y Gabriel Lobos, por la paciencia, motivación y oportunidades.

Gracias a todos mis compañeros de Ecodiversidad Consultores, Gabriel, Alejandra, Martín, Carlos, Mariela, Juan Carlos y Hugo, por el apoyo logístico, permisos, buena onda y por financiar este proyecto de investigación y colaborar en muchos otros, más por el conocimiento y “amor al arte” que por el interés económico.

Gracias a mis amigos de la carrera, Perry, Consu, Dany, Claudio, Mico, Messutto, por su apoyo constante durante los años de estudio, discusiones, bromas, carretes y mucho más.

Agradecer a mi familia por el apoyo y comprensión por todos estos años, en especial a mi madre por enseñarme con el ejemplo, valores que son difíciles de encontrar hoy en día. Este logro es en gran parte tuyo también.

Agradecer especialmente a Gabi, por tu apoyo incondicional, comprensión y por ser mi compañera de vida, en las buenas y en las malas. Agradezco también a la tía Leo y tío Rody por permitirme formar parte de su familia y aguantar por tanto tiempo.

Finalmente a todos esos bichos que esperan en sus salares, vegas, rios, bosques y estepas ser encontrados, estudiados, conocidos y defendidos.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
MATERIALES Y MÉTODOS	7
Lugar de Estudio	7
Métodos	8
Caracterización poblacional de <i>Telmatobius</i> sp. en el Salar de Ascotán	8
Caracterización del Hábitat	9
Comparaciones entre vertientes y época de muestreo	10
Modelos de densidad de <i>Telmatobius</i> sp. en el Salar de Ascotán	10
Vulnerabilidad del hábitat en las vertientes del Salar de Ascotán	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Resultados	14
Caracterización poblacional de <i>Telmatobius</i> sp. en el salar de Ascotán	14
Caracterización del Hábitat	18
Modelos de densidad de <i>Telmatobius</i> sp. en el Salar de Ascotán	23
Vulnerabilidad del hábitat en las vertientes del Salar de Ascotán.	24
Discusión	26
Caracterización poblacional de <i>Telmatobius</i> sp. en el salar de Ascotán	26
Caracterización del Hábitat	27
Modelos de densidad de <i>Telmatobius</i> sp. en el Salar de Ascotán	29
Vulnerabilidad del hábitat en las vertientes del Salar de Ascotán.	29
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	33
APÉNDICES	39
Apéndice I. Coordenadas de las vertientes y transectos realizados en Salar de Ascotán.	39
Apéndice II. Parámetros fisicoquímicos y de hábitat (promedio \pm error estándar) de las vertientes en el Salar de Ascotán, promedio de valores para Época Húmeda	40
Apéndice III. Parámetros fisicoquímicos y de hábitat (promedio \pm error estándar) de las vertientes en el Salar de Ascotán, promedio de valores para Época Seca	41
Apéndice IV. Tallas registradas (promedio \pm error estándar) como Peso (gr), Longitud Hocico Cloaca LHC (mm) e Índice de Condición Corporal ICC, por época, vertiente y sexo. N=número de individuos, t=prueba T de Student y P=valor de significancia.	42
Apéndice V. Parámetros fisicoquímicos y de hábitat (promedio \pm error estándar) por transecto de las vertientes con presencia de anfibios, H=prueba de Kruskal-Wallis y P=valor de significancia.	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rangos de intervenciones. Adaptado de Gómez y Cochero (2013).....	12
Cuadro 2. Peso y LHC (Longitud Hocico Cloaca) encontrado para <i>Telmatobius</i> sp. En el salar de Ascotán por sexo y época de muestreo, valores promedio \pm error estándar, P =significancia.	16
Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos y de hábitat de las vertientes en el Salar de Ascotán, promedio de valores \pm error estándar, para época húmeda (mayo 2013) y época seca (noviembre 2013).....	20
Cuadro 4. Modelo de densidad de <i>Telmatobius</i> sp. en el Salar de Ascotán para la época húmeda, EE=error estándar, Z =estadístico de prueba y P =significancia.	24
Cuadro 5. Modelo de densidad de <i>Telmatobius</i> sp. en el Salar de Ascotán para la época seca, EE=error estándar, Z =estadístico de prueba y P =significancia.	24
Cuadro 6. Resultados por vertiente de las variables evaluadas para calcular el Índice de Vulnerabilidad de las vertientes del Salar de Ascotán.	25
Cuadro 7. Valores cualitativos de las variables evaluadas al calcular el Índice de vulnerabilidad de las vertientes del salar de Ascotán.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio y ubicación de las vertientes del Salar de Ascotán.....	7
Figura 2. Diagrama ombrotérmico para Ollagüe, adaptado de Hajek y Di Castri (1975).	8
Figura 3. Representación de transectos para caracterización poblacional y de hábitat en cada vertiente.	10
Figura 4. Densidad de <i>Telmatobius</i> sp. por vertiente y época de muestreo.	15
Figura 5. Densidad promedio de <i>Telmatobius</i> sp. por transecto y época de muestreo, donde transecto I está ubicado en la surgencia, transecto II en la laguna de agua dulce y transecto III en el ecotono de la vertiente con el salar.....	15
Figura 6. Peso (A) y Longitud Hocico Cloaca media (LHC) (B) promedios por vertiente y época de muestreo.....	17
Figura 7. Índice de Condición Corporal promedio por vertiente y época de muestreo.	18
Figura 8. Conductividad eléctrica del agua (mS cm^{-1}) para vertientes con presencia y ausencia de <i>Telmatobius</i> para las épocas húmeda y seca. Medias con una misma letra no son significativamente diferentes ($P>0,05$).	21
Figura 9. Alto de refugio (cm) para vertientes con presencia y ausencia de <i>Telmatobius</i> para las épocas húmeda y seca. Medias con una misma letra no son significativamente diferentes ($P>0,05$).	22
Figura 10. Cobertura promedio de vegetación acuática para la época húmeda y seca, donde transecto I está ubicado en la surgencia, transecto II en la laguna de agua dulce y transecto	

III en el ecotono de la vertiente con el salar. Medias con una misma letra no son significativamente diferentes ($P>0,05$).....23

RESUMEN

En los ambientes de altura de los Andes centrales existe un grupo de anfibios acuáticos, altamente adaptados a las condiciones extremas que allí se presentan, el género *Telmatobius*. En el Salar de Ascotán, ubicado en el extremo sur del altiplano de Chile, se desarrollan actividades extractivas de agua y sales de borato por la minería. Ahí habita un representante de este género del que aún no hay claridad respecto a su estatus específico, pertenece al grupo *T. hintoni* y está emparentado con *T. phillippi* y *T. fronteriensis*. Sin embargo, a pesar de su desconocimiento, es clara la alta amenaza en la que se encuentra, por efecto de las actividades extractivas. Es por esto que resulta de gran interés obtener información respecto a la población, hábitat y principales amenazas de este anfibio.

En cada vertiente se realizó la búsqueda activa de anfibios en tres transectos junto con la caracterización del hábitat, considerando un gradiente de salinidad desde la surgencia hacia el interior del salar. Junto con esto se elaboró un índice de vulnerabilidad para cada una de las once vertientes del salar. Desde el punto de vista poblacional, se desarrolló un Modelo Lineal Generalizado para explorar las variables de hábitat que se correlacionan con la densidad de anfibios.

Los resultados muestran que los individuos se restringen a las surgencias de seis de las vertientes del salar y a las lagunas de agua dulce asociadas a ellas. Las características de hábitat en cada vertiente cambian bruscamente a medida que se adentra en el salar, donde la conductividad eléctrica es muy elevada y hay escasos refugios para anfibios y asimismo disminuyen las densidades de las ranas. Se detectaron diferencias significativas en cinco variables de hábitat entre vertientes con presencia de anfibios, donde están ausentes y épocas de muestreo. La conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y temperatura ambiental presentan valores más bajos en las vertientes con presencia de anfibios en la época húmeda, la temperatura del agua es menor en la época húmeda para todas las vertientes y el alto de refugio es mayor en las vertientes con presencia de anfibios en las dos épocas de muestreo. Los modelos señalan que las variables de microhábitat conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y cobertura vegetal acuática son las que mejor explican las densidades de anuros en las vertientes del salar.

Los resultados obtenidos aportan al conocimiento de anfibios del altiplano chileno y son un primer paso para el desarrollo de iniciativas de conservación para anfibios del género *Telmatobius*.

Palabras clave: *Telmatobius* sp., Salar de Ascotán, Microhábitat, Vulnerabilidad, Modelos Lineales Generalizados

ABSTRACT

In highlands environments of the central Andes there is a group of aquatic amphibians, highly adapted to the extreme conditions encountered there, genus *Telmatobius*. In the Ascotán Salt Flat, located on the southern edge of the Chilean Altiplano, extractive activities of water and borate salts are developed by mining. There inhabits a member of this genus from which there is still no clarity regarding its specific status, it is known to belong to *T. hintoni* group and is related to *T. philippi* and *T. fronteriensis*. However, despite the lack of knowledge, it is clearly under high threat resulting from the extractive activities. This is why it is of great interest to obtain information about its population, habitat and water springs main threats.

On each spring an active search for amphibians was carried out in three transects along with habitat characterization, considering a salinity gradient from the upwelling into the salt flat. Along with this a vulnerability index for each of the eleven water springs of the salt flat was developed. From the population point of view, a Generalized Linear Model was developed to explore the habitat variables that are correlated with the density of amphibians.

The results show that individuals of *Telmatobius* sp. are restricted to upwellings from six of the salt flat springs and to the freshwater lagoons associated with them. Habitat characteristics in each water spring change abruptly as they go deeper into the salt flat, where electrical conductivity is very high and there are few shelters for amphibians, and also decrease the densities of amphibians. Significant differences in five habitat variables were detected, between springs with presence of amphibians, those where they were absent and seasonality. Electrical conductivity, total dissolved solids and environmental temperature exhibit lower values at springs with presence of amphibians at the dry season, water temperature is lower at the wet season for all the springs and the height of the shelter is higher on those springs with amphibians on both seasons. The models indicate that microhabitat variables that best explain the anuran density in the springs of the salt flat are the electrical conductivity, dissolved oxygen and aquatic vegetation coverage.

The results contribute to the knowledge of the Chilean Altiplano amphibians and are a first step in the development of conservation initiatives for genus *Telmatobius*.

Key words: *Telmatobius* sp. Ascotán Salt Flat, Microhábitat, Vulnerability, Generalized Linear Models

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los anfibios son uno de los grupos con mayores problemas de conservación a nivel mundial (Young *et al.*, 2001), ya que se han documentado fenómenos drásticos de reducción de sus poblaciones (Gascon *et al.*, 2007; Pechmann *et al.*, 1991; Barinaga, 1990). Dentro de las causas de la declinación de anfibios a nivel mundial se encuentra la pérdida y degradación del hábitat, la introducción de especies exóticas (Baillie *et al.* 2004), enfermedades emergentes como la quitridiomycosis (Voyles *et al.*, 2009; Berger *et al.*, 1998), aumento de la radiación ultravioleta y la contaminación, todas atribuibles en cierta medida a la acción antrópica (Gascon *et al.*, 2007; Vonesh *et al.*, 2010; Stuart *et al.*, 2008). En la comunidad científica se han generado diversas iniciativas internacionales para abordar esta problemática, como la formación del Amphibian Specialist Group de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Amphibian Conservation Summit (2005) y el Amphibian Conservation Action Plan (2007). En este sentido en Chile, el Ministerio del Medio Ambiente se encuentra elaborando una Estrategia Nacional de Conservación de Anfibios.

A nivel mundial, se han descrito 7.520 especies de anfibios (Frost, 2016). Su distribución es heterogénea en el planeta y concentra los mayores niveles de riqueza de especies en las zonas cálidas de los trópicos, disminuyendo a medida que aumenta la latitud (Stuart *et al.*, 2008). De los tres órdenes vivientes (Anura, Caudata y Gymnophiona), Anura es el más ampliamente distribuido y el único presente en Chile. En el país se reportan 63 especies (Lobos *et al.*, 2013a), lo que representa una riqueza baja comparada con otros países sudamericanos (MMAYA, 2012). Esto se explica por las condiciones de aislamiento geográfico que presenta el país y por el gradiente latitudinal que abarca, siendo principalmente eco-regiones templadas. Del total de especies descritas, el 63% se consideran endémicas de Chile y el 89% se encuentran clasificadas en algún estado de amenaza (Lobos *et al.*, 2013a).

A diferencia de los otros grupos de vertebrados, los anfibios presentan características fisiológicas, ecológicas y de desarrollo de vida que los hacen más vulnerables a cambios ambientales. Además, por ser predadores primarios, cumplen un rol fundamental en las cadenas tróficas pudiendo ser utilizados como bioindicadores de degradación del hábitat (Stuart *et al.*, 2008). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) considera que para el desarrollo de programas de conservación y protección de anfibios es necesario tener información básica respecto a los requerimientos de hábitat y de las poblaciones de las especies objetivo (Lannoo *et al.*, 2007), entendiendo el término de hábitat como los recursos y condiciones presentes en un área que producen la ocupación de un organismo dado (Hall *et al.*, 1997).

Es poco lo que se conoce respecto del estatus y poblaciones de anfibios, aún menor en lugares poco estudiados como es el caso de los ambientes de altura de la zona norte de Chile (Lobos *et al.*, 2013a; Díaz-Páez y Ortiz, 2003; Simonetti *et al.*, 1995). El principal

grupo en esta área corresponde a las ranas del género *Telmatobius*, especies altamente adaptadas para vivir en condiciones de altura (Stuart *et al.*, 2008; Capurro, 1954; Veloso, 2006).

El altiplano con sus bofedales, vegas, lagos y salares, constituye el ambiente de las ranas de este género (Telma = aguas estancadas, lagunas, vegas y Bios = vida). Éstas se distribuyen entre los 5° y 27° de latitud sur (Ecuador y el norte de Argentina respectivamente) con aproximadamente 63 taxones (Frost, 2016). Para Chile se reconocen 10 especies, de las cuales 8 son endémicas. Sin embargo, parte importante de estas especies han sido descritas en los últimos años, por lo que es altamente probable que el número de especies pueda incrementarse con nuevas investigaciones. Recientemente Sáez *et al.* (2014) establecieron que a lo largo del altiplano chileno hay tres grupos de especies del género *Telmatobius*, siendo uno de ellos endémico de las laderas al oeste de los Andes, sin embargo no definen el estatus específico de al menos 12 poblaciones de *Telmatobius* encontradas en territorio chileno.

El origen de las especies que conforman el género *Telmatobius* puede explicarse en base a términos geológicos, ya que en su especiación influyeron las modificaciones que afectaron a los cuerpos lacustres altiplánicos. En particular, habría influido la intensa actividad volcánica y sedimentaria en el terciario y cuaternario, lo que alteró la composición físico-química del hábitat y los aisló (Salaberry *et al.*, 2012). Capurro (1954) define que el género se puede asociar a tres tipos de nichos ecológicos, donde cada especie presenta modificaciones específicas para subsistir a las diferentes condiciones: los grandes lagos cordilleranos, con aguas de temperatura constante; pequeñas lagunas y riachuelos de agua de temperatura variable; y fuentes termales y géiseres de aguas templadas.

El Salar de Ascotán (Región de Antofagasta) se ubica en el límite con Bolivia, donde habita una especie de *Telmatobius* aún no descrita formalmente, la que ha sido atribuida a la especie *Telmatobius phillippi* que habita en la Quebrada de Amincha, a unos 50 km del Salar (Mella y Peñaloza, 2005). En la actualidad Saez *et al.* (2014), mediante el análisis de relaciones filogenéticas, señalan que los individuos del salar pertenecen un clado que agrupa a cuatro especies del altiplano sur con representantes en Chile y Bolivia, el grupo *T. hintoni*, agregando, que estaría muy relacionada con las especies *T. phillippi* de la Quebrada de Amincha y *T. fronteriensis* de Puquios. A pesar del desconocimiento de esta especie, es muy clara la alta amenaza en que se encuentra su población, como consecuencia de las actividades de extracción de sales y de aguas para la gran minería, lo que genera una fuerte presión sobre el recurso hídrico. Esta situación, en definitiva, se transforma en una amenaza real para la especie, pues al no realizarse un manejo adecuado de los recursos allí presentes, se genera una alteración del sistema acuático y terrestre poniendo en riesgo su supervivencia (Lannoo *et al.*, 2007). En el salar también habita un pez endémico, *Orestias ascotanensis*, descrito en 1984 que se encuentra en peligro de extinción (Vila *et al.* 2007). Vila *et al.* (2013) señalan que se presentan diferencias en los haplotipos presentes, entre las vertientes del salar, lo que evidencia un proceso de especiación local, situación que podría estar ocurriendo también con el *Telmatobius* sp. del Salar de Ascotán.

Un primer paso para conservar una especie es evaluar el hábitat y determinar su capacidad para satisfacer las necesidades de esa especie. Con esta información será posible determinar la distribución potencial e identificar los lugares con mejor calidad de hábitat para la implementación de medidas de conservación, ya sean de protección, re inserción y/o relocalización (Bolívar, 2009; Stuart *et al.*, 2008).

Como parte del Proyecto de Recuperación, Conservación y Gestión en los anfibios de Chile, ejecutado por el Ministerio del Medio Ambiente, se reconoció a esta especie como candidata para ejercer acciones urgentes de conservación y protección, por lo que la presente investigación se enmarca en la obtención de información base dentro de este objeto de conservación. En ese sentido, se busca reconocer los requerimientos de hábitat del *Telmatobius* del Salar de Ascotán, determinar factores ambientales que influyen en su densidad en las distintas vertientes, determinar el estado de sus poblaciones y elaborar un índice de vulnerabilidad para las vertientes del salar.

OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar la población y el hábitat de *Telmatobius* sp. en las vertientes del Salar de Ascotán.

Objetivos Específicos

- Estimar la densidad relativa de *Telmatobius* sp. en el Salar de Ascotán.
- Modelar el microhábitat de *Telmatobius* sp. en el Salar de Ascotán.
- Evaluar cualitativamente la vulnerabilidad del hábitat en las vertientes del Salar de Ascotán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio

El estudio se desarrolló en el Salar de Ascotán ($21,5^{\circ}\text{S}$ y $68,2^{\circ}\text{O}$), ubicado en el extremo sur del altiplano chileno a 3.720 m.s.n.m. El salar se localiza en la comuna de Ollagüe, a 46 kilómetros al sur de la localidad homónima, Región de Antofagasta, en el límite con la frontera de Bolivia. El salar presenta once vertientes, las que se encuentran en el margen oriental del mismo, distribuidas de norte a sur (Figura 1 y Apéndice I) y que finalmente drenan hacia el salar. Según Di Castri y Hajek (1976) la bioclimatología del Salar corresponde a una zona tropical continental con un grado importante de aridez, debido a que las precipitaciones principalmente ocurren en períodos cálidos (invierno altiplánico). La precipitación media corresponde a 67 mm año^{-1} y la evaporación potencial a 1.630 mm año^{-1} (Schlumberger Water Services, 2009). La superficie del salar corresponde a 243 km^2 , de ellos los cuerpos de agua cubren 18 km^2 y la superficie total de las vertientes solo a $3,5\text{ ha}$.

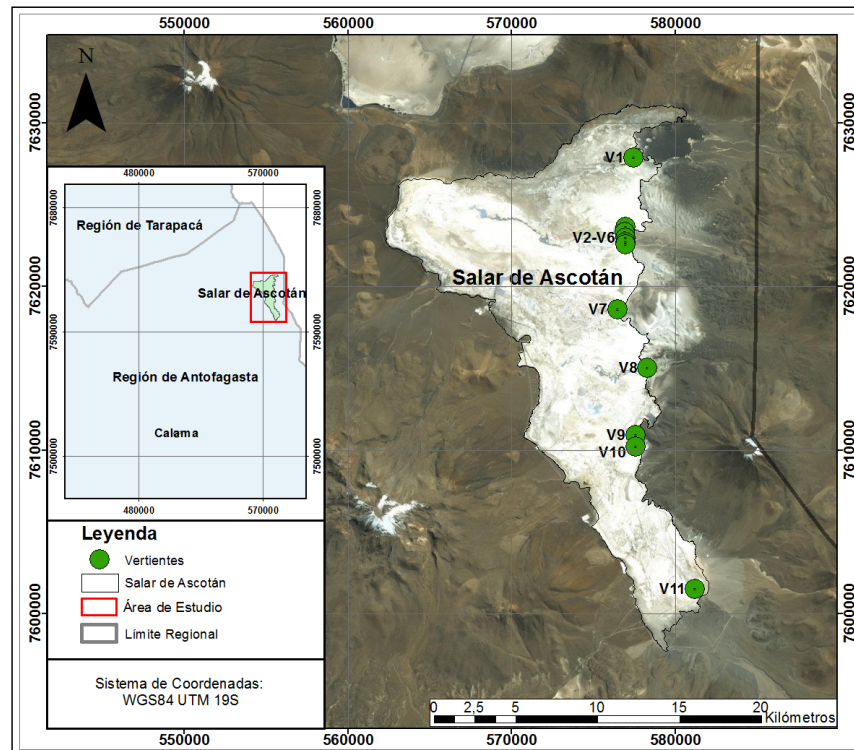


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las vertientes del Salar de Ascotán.

Métodos

Se realizaron dos campañas de terreno, una en la época húmeda, posterior a la caída de lluvias (mayo 2013) y otra en la época seca, previo al inicio de la temporada de lluvias (noviembre 2013, Figura 2). En cada época se evaluó en las once vertientes del salar, tanto la presencia y características poblacionales de *Telmatobius* sp. como las características del hábitat presente en cada una.

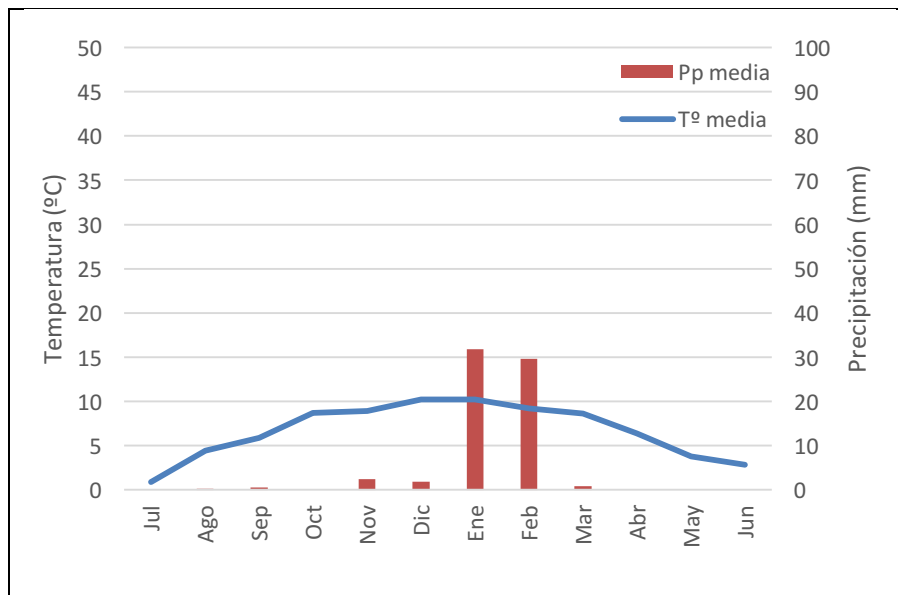


Figura 2. Diagrama ombrotérmico para Ollagüe, adaptado de Hajek y Di Castri (1975).

Caracterización poblacional de *Telmatobius* sp. en el Salar de Ascotán

Para estimar la densidad relativa de anfibios, se realizó búsqueda activa (Díaz-Páez *et al.*, 2002) en tres transectos de 5 m por uno de ancho en las orillas de cada vertiente (Figura 3), pues estos animales se resguardan en oquedades bajo el agua y entre las plantas acuáticas, de acuerdo a experiencia previa. Los transectos se establecieron de acuerdo a un gradiente de salinidad (Keller y Soto, 1998), ubicándose el primero en la zona de surgencia de la vertiente, el segundo en la laguna de agua dulce (influenciada por la surgencia) y el último en el ecotono con la laguna salobre (sin vegetación y con costrones de sal).

Los individuos capturados fueron sexados, medidos (longitud hocico-cloaca, LHC en mm) y masados (g). Se limpiaron todos los instrumentos utilizados con un desinfectante de amplio espectro para evitar la propagación de agentes patógenos, siguiendo el protocolo propuesto por Lobos *et al.* (2012). Para cada vertiente, se determinó la proporción de sexos, peso medio y LHC media. Para determinar el estado de la población en cada vertiente, se evaluó un índice de condición corporal (ICC, Ecuación 1), el que considera el índice

residual entre la regresión lineal del logaritmo de la masa y el logaritmo de la LHC (Bancila *et al.*, 2010):

$$ICC_i = \log(peso)_i - (a + b(\log(LHC)_i)) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde :

- ICC_i : Índice de condición corporal
 a : Intercepto estimado de la regresión lineal
 b : Pendiente de la regresión lineal

Caracterización del Hábitat

En las vertientes se realizaron tres transectos de 5 m de longitud a lo largo de la zona litoral, donde se encuentran los refugios de los anfibios, manteniendo el gradiente de salinidad señalado en la caracterización poblacional.

Para la caracterización del microhábitat se evaluaron parámetros físico-químicos como oxígeno disuelto (mg L^{-1}), medido con un oxigenómetro Hanna modelo HI 9146; pH, conductividad eléctrica (mS cm^{-1}), sólidos disueltos totales (SDT, mg L^{-1}) y temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), medidos con el equipo multiparamétrico Hanna modelo HI 991301; turbidez (unidades nefelométricas de turbidez, NTU), medido con turbidímetro Hanna modelo 93703 y temperatura ambiental ($^{\circ}\text{C}$), medido con termómetro ambiental Hanna modelo HI 98509-1. Por otra parte se evaluó la profundidad del cuerpo de agua en cada transecto y las dimensiones de alto (cm) y largo (cm) de las oquedades que se generan a orillas de la vertiente. La cobertura de vegetación azonal (%) se determinó a orillas de los transectos mediante la técnica del *point quadrat* modificado (Faúndez y Escobar, 2007; Puig *et al.*, 2013) de 3 m de largo con 20 mediciones (cada 15 cm). La cobertura vegetal acuática (%) se evaluó por medio de un cuadrante de $0,125 \text{ (m}^2\text{)}$, realizando tres réplicas por transecto (Figura 3).

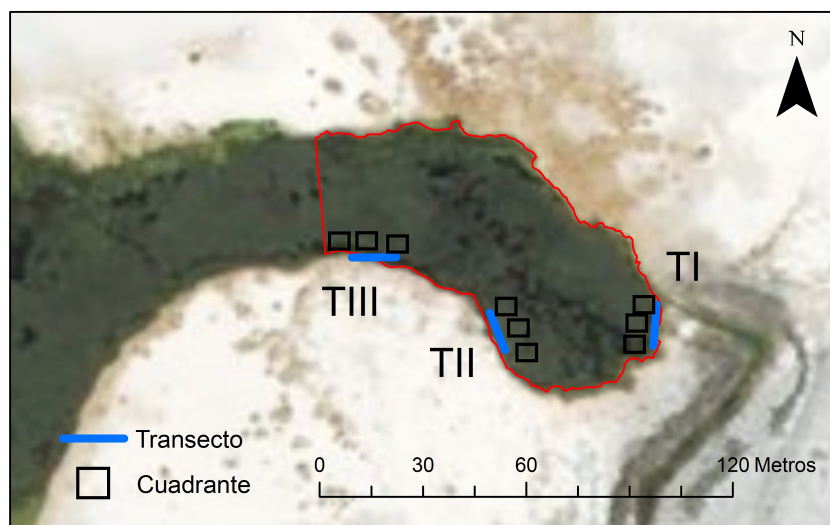


Figura 3. Representación de transectos para caracterización poblacional y de hábitat en cada vertiente.

Comparaciones entre vertientes y época de muestreo

Se compararon las medidas de peso, LHC e ICC entre sexos para cada vertiente utilizando la prueba t-student. Para explorar si hay diferencias significativas en las variables poblacionales y de hábitat entre las vertientes con presencia de anfibios y en las que esta ausente, se evaluó la normalidad de los residuos del modelo con el Test de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1965); para aplicar Análisis de varianza (Anova) y el Test de Tukey como prueba post-hoc. En aquellos casos en que no se ajustaron a una distribución normal, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y el Test de Tukey modificado como prueba post-hoc.

Modelos de densidad de *Telmatobius* sp. en el Salar de Ascotán

Con la finalidad de evaluar qué variables de la caracterización del hábitat se correlacionan significativamente con la densidad de *Telmatobius* en las distintas vertientes del salar, se elaboró, para cada época de muestreo, un modelo lineal generalizado (MLG) con distribución de Poisson y función de identidad log. Para evitar la redundancia entre variables se descartó aquellas variables que presentaron altas correlaciones (coeficiente de correlación de Pearson $> |0,6|$) (Lobos *et al.*, 2013b). Para ajustar cada modelo se utilizó una evaluación paso a paso, de atrás a adelante (“back to forward”) para la comparación de los modelos se utilizó la proporción de la varianza explicada (R^2 , Faraway, 2016), junto con el índice criterio de información de Akaike (AIC, Harrel, 2001). Para todos los análisis se utilizó el software R (R Development Core Team, 2005).

Vulnerabilidad del hábitat en las vertientes del Salar de Ascotán

Se elaboró un índice cualitativo de vulnerabilidad del hábitat para las vertientes. Las variables consideradas fueron: área de la vertiente (m²), perímetro de la vertiente (m), índice de dimensión fractal de las vertientes (FRAC) (Peña-Cortés *et al.*, 2006), distancia euclidiana de cada vertiente al vecino más cercano (ENN) (Peña-Cortés *et al.*, 2006), distancia efectiva de las vertientes a centros poblados (DRCP) (Lobos *et al.*, 2013b), densidad de caminos alrededor de cada vertiente, a dos escalas, 170 m y 500 m de radio (Lobos *et al.*, 2013b) y finalmente un índice de infraestructuras para cada vertiente (INFRA) (Gómez y Cochero, 2013). El cálculo de cada variable se obtuvo mediante el análisis de imágenes satelitales (CNES/ Astrium) en el software QGIS (QGIS Development Team, 2013), como se describe a continuación:

Índice de Dimensión Fractal (FRAC): Corresponde a un índice de forma utilizado para evaluar la complejidad de la forma de cada vertiente en base al perímetro y área (Ecuación 2, Peña-Cortés *et al.*, 2006), lo que permite reducir los efectos de la escala del paisaje. A mayor índice de dimensión fractal, más compleja es la forma de la vertiente, asumiendo una mayor capacidad para presentar refugios para los anfibios. El cálculo se obtuvo mediante el software FRAGSTAT V4 (McGarigal *et al.*, 2012).

$$FRAC_i = \frac{2 \ln(0,25 p_i)}{\ln(a_i)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

FRAC_i : Índice de dimensión Fractal para la vertiente i

p_i : Perímetro de la vertiente i (m)

a_i : Área de la vertiente i (m²)

Distancia Euclidiana de cada vertiente al vecino más cercano (ENN): Medido como la distancia en línea recta a la vertiente más cercana (en metros). Esta métrica tiene como objetivo medir el grado de aislamiento entre cada vertiente.

Distancia efectiva de las vertientes a centros poblados (DRCP): Medido como la distancia de los caminos existentes a los centros poblados más cercanos. Asumiéndose que mientras más cercano se encuentre una vertiente a un asentamiento humano, más propensa será a sufrir alteraciones por impacto antrópico.

Densidad de caminos (DC): Suma lineal de los caminos cercanos a cada vertiente (en metros) en un área determinada en relación al área de estudio (Ecuación 3, adaptado de Lobos *et al.*, 2013b). Esta métrica permite determinar el grado de accesibilidad de cada vertiente, entendiendo que mientras mayor sea este índice mayor es el riesgo para las poblaciones de *Telmatobius*, debido a un mayor riesgo de intervención antrópica.

Se evaluaron dos escenarios a diferente escala, el primero con un radio de 0,17 km determinado *a priori* para evitar la transposición entre las vertientes, y un segundo escenario considerando 0,5 km de radio de manera de tener una visión más amplia de la densidad de caminos dejando de lado la transposición de las vertientes.

$$DC_i = \frac{L_i}{B_i} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

DC_i : Densidad de Caminos (m km⁻²)
 L_i : Longitud total de caminos (m).
 B_i : Área de estudio (km²)

Infraestructuras (INFRA): Entendida como la presencia en las vertientes de estructuras humana, utilizando una adaptación de Gómez y Cochero (2013). De este modo aquellas vertientes que presenten obras permanentes, como zanjas u otras estructuras que limiten la conectividad y capacidad de traslado de los *Telmatobius*, se consideran como de mayor impacto. Por otra parte, las obras recuperables, como secciones de aforo, cuyo impacto es reversible con alguna medida de intervención, tienen un valor menor en este indicador (Cuadro 1). El cálculo del índice de infraestructuras se determinó como la suma total de estructuras presentes en cada vertiente multiplicado por el valor de cada indicador (Ecuación 4).

Cuadro 1. Rangos de intervenciones. Adaptado de Gómez y Cochero (2013).

Barreras Físicas	Valor indicador
Estructuras Permanentes	10
Estructuras Temporarias/recuperables	5
Sin Modificaciones	0

$$INFRA_i = \sum Ep_i \times 10 + \sum Et_i \times 5 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

INFRA_i : Índice de infraestructuras para la vertiente i.
 Ep_i : Estructuras permanentes en la vertiente i.
 Et_i : Estructuras temporales en la vertiente i.

Los valores de las variables fueron estandarizadas (Ecuación 5) y clasificadas en tres categorías de acuerdo a la media y error estandar. Para las variables área, perímetro, FRAC y DRCP mientras mayor es el valor del índice menor es la vulnerabilidad de la vertiente. Por el contrario, para las variables ENN, Densidad de Caminos (a 170 y 500 metros) e INFRA mientras mayor sea el valor del índice mayor es el riesgo, implicando una mayor vulnerabilidad para la vertiente.

$$sta_i = \frac{V_i - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

- sta_i : Valor estandarizado de la variable.
 V_i : Valor observado de la variable.
 V_{min} : Valor mínimo de la variable.
 V_{max} : Valor máximo de la variable.

El valor de cada categoría estandarizado de las variables para cada vertiente se utilizó para estimar el valor del Índice de Vulnerabilidad (INVUL, Ecuación 6), asumiendo dos escenarios en la densidad de caminos, uno a 170 metros y otro a 500 metros de radio para evidenciar si a diferentes escalas se ve afectado el índice por este factor (ecuaciones 5 y 6). Finalmente el INVUL se categorizó en 3 clases, de acuerdo a la media y error estándar.

$$INVUL_i = AREAcat_i + PERIMcat_i + FRACcat_i + ENNcat_i + DRCPcat_i + DCcat_i + +INFRAcat_i \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- $INVUL_i$: Índice de Vulnerabilidad para la vertiente i
 $AREACat_i$: Área categorizado estimada para la vertiente i
 $PERIMcat_i$: Perímetro categorizado estimado para la vertiente i.
 $FRACcat_i$: Índice de Dimensión Fractal categorizado para la vertiente i.
 $ENNcat_i$: Índice de Distancia Euclidiana al Vecino más Cercano categorizado para la vertiente i.
 $DRCPcat_i$: Índice de Distancia a Centros Poblados categorizado para la vertiente i.
 $DCcat_i$: Densidad de Caminos categorizado para la vertiente i a 170 metros a la redonda en un primer escenario y a 500 metros a la redonda en un segundo escenario.
 $INFRAcat_i$: Índice de Infraestructuras categorizado para la vertiente i.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Caracterización poblacional de *Telmatobius* sp. en el salar de Ascotán

De las once vertientes del Salar de Ascotán, sólo se detectó la presencia de *Telmatobius* en seis (vertientes 2, 3, 5, 6, 7 y 11), situación que se presentó en ambas épocas de muestreo. La información de la vertiente 11 se presenta aparte, pues se considera como un sistema altamente intervenido antrópicamente, por lo que los resultados obtenidos para esta vertiente no fueron considerados en los cálculos de las vertientes con presencia de anfibios.

Se capturó un total de 164 individuos adultos en las dos épocas de muestreo, 48 individuos en la época húmeda y 116 en la época seca. La abundancia no fue homogénea en las vertientes, presentando mayores densidades en las vertientes 5 y 7, ubicadas en el centro del salar (apéndices II y III).

Al evaluar las densidades por vertientes y épocas, se puede observar en la Figura 4 que en la época seca se incrementaron las capturas, no obstante las densidades entre épocas de muestreo no variaron significativamente ($F=2,46$; $P=0,123$) y tampoco entre vertientes, época húmeda, $F=0,49$; $P=0,777$ y época seca, $F=0,71$; $P=0,627$.

En el caso de la vertiente 11, las densidades presentan un aumento entre época de muestreo de 0,1 individuos m^{-2} en la época húmeda a 0,4 individuos m^{-2} en la época seca, siendo las menores densidades estimadas en el salar.

Sin embargo al evaluar las densidades de las vertientes con *Telmatobius* por transecto y época de muestreo (Figura 5), las densidades del transecto I en la época seca, cercano a la surgencia, fueron significativamente mayores que las densidades del transecto III en ambas épocas ($H=11,38$; $P=0,036$). La evaluación por épocas señala que la densidad de anfibios fue mayor en el transecto II que en el transecto III en la época húmeda ($H=6,13$; $P=0,037$) a diferencia de la época seca donde no se detectaron diferencias ($H=4,75$; $P=0,087$).

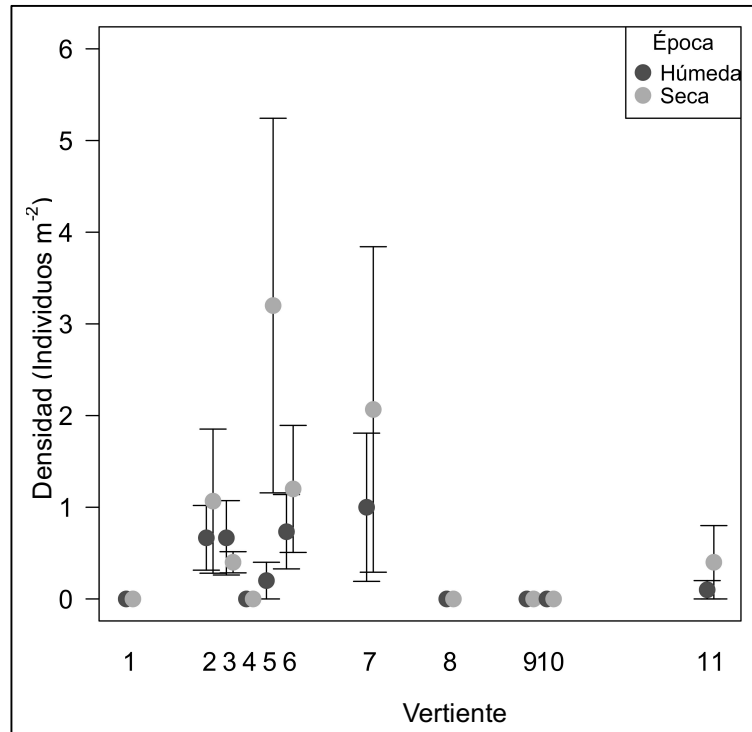


Figura 4. Densidad de *Telmatobius* sp. por vertiente y época de muestreo.

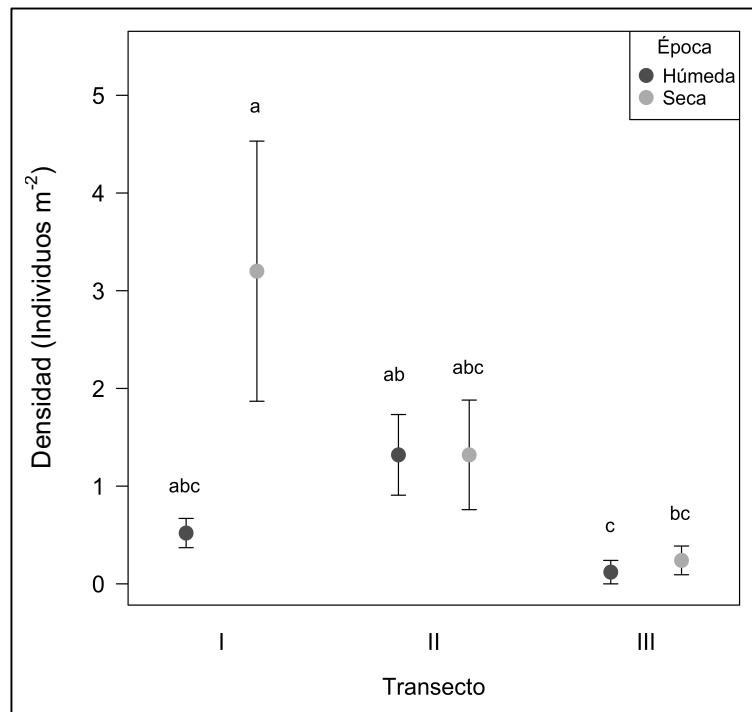


Figura 5. Densidad promedio de *Telmatobius* sp. por transecto y época de muestreo, donde transecto I está ubicado en la surgencia, transecto II en la laguna de agua dulce y transecto III en el ecotono de la vertiente con el salar.

En cuanto a los aspectos morfométricos las hembras presentaron un peso promedio y LHC levemente mayores a los registrados en machos, sin diferencias significativas (Cuadro 2). La comparación entre épocas de muestreo no detecta diferencias significativas para peso ($H=0,46$; $P=0,59$) y la LHC ($H=0,99$; $P=0,31$) (Figura 6). Sin embargo, al comparar entre vertientes por época de muestreo, en la época húmeda el peso muestra diferencias significativas, presentando los individuos de las vertientes 2, 3 y 6 un mayor peso que los de las vertientes 5 y 7 ($H=24,13$; $P=0,0001$), la LHC en cambio no presentó diferencias significativas ($H=8,0$; $P=0,088$). Para la época seca, el peso presentó diferencias significativas, donde los individuos de la vertiente 6 presentaron pesos mayores a los de las vertientes 11, 5, 2, y 7, pero no se diferenciaron de los individuos de la vertiente 3 ($H=26,82$; $P=0,0001$). La LHC en la época seca, a diferencia de la época húmeda, presenta diferencias significativas, donde las vertientes 2 y 3 presentan las mayores longitudes, y los individuos de las vertientes 5 y 11 las menores longitudes ($H=14,03$; $P=0,014$).

Cuadro 2. Peso y LHC (Longitud Hocico Cloaca) encontrado para *Telmatobius* sp. En el salar de Ascotán por sexo y época de muestreo, valores promedio \pm error estándar, P =significancia.

Vertiente	Época	Peso (g)			LHC (mm)		
		Hembras	Machos	P	Hembras	Machos	P
2	Húmeda	23,67 \pm 1,33	19,43 \pm 1,64	0,16	57,33 \pm 2,19	51,29 \pm 0,29	0,11
	Seca	20,86 \pm 3,60	14,33 \pm 0,42	0,12	58,29 \pm 3,93	51,50 \pm 1,09	0,14
3	Húmeda	20,50 \pm 2,05	17,75 \pm 1,93	0,38	52,17 \pm 2,87	49,50 \pm 2,85	0,54
	Seca	18,50 \pm 6,50	21	-	55,50 \pm 9,50	55	-
5	Húmeda	-	14,00 \pm 1,15	-	-	50,33 \pm 0,88	-
	Seca	16,15 \pm 1,85	13,38 \pm 0,54	0,16	49,48 \pm 1,72	47,81 \pm 0,78	0,38
6	Húmeda	19,20 \pm 2,63	14,60 \pm 1,17	0,15	55,00 \pm 3,70	49,20 \pm 1,36	0,18
	Seca	25,00 \pm 4,31	17,82 \pm 0,63	0,16	56,33 \pm 3,80	49,09 \pm 0,69	0,12
7	Húmeda	12,45 \pm 0,71	12,25 \pm 1,03	0,88	47,27 \pm 1,34	49,75 \pm 1,55	0,32
	Seca	16,00 \pm 0,43	15,78 \pm 0,60	0,78	49,55 \pm 0,82	50,78 \pm 0,46	0,2
11	Seca	13,75 \pm 3,54	-	-	49,25 \pm 4,64	-	-

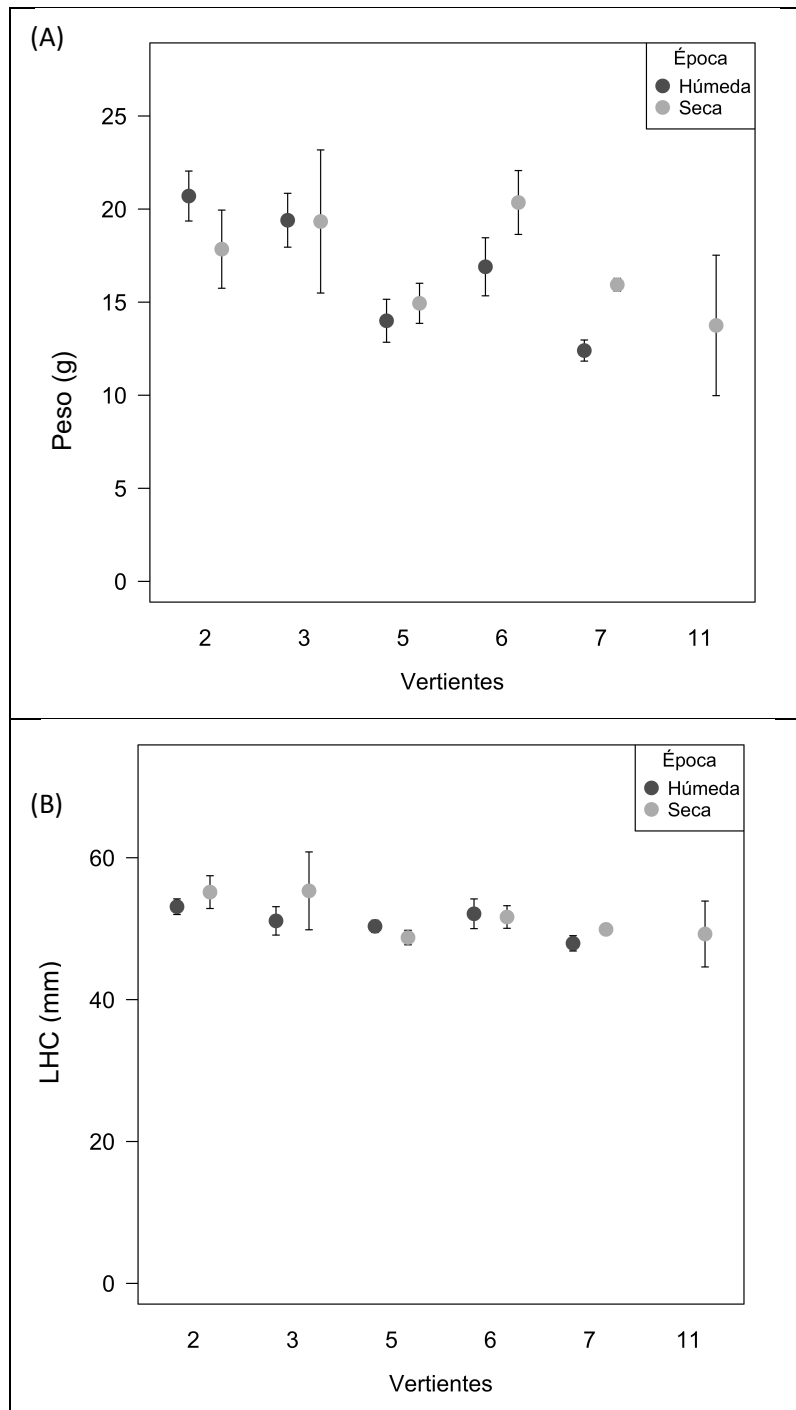


Figura 6. Peso (A) y Longitud Hocico Cloaca (LHC) (B) promedios por vertiente y época de muestreo.

En relación al Índice de Condición Corporal (ICC), se detectó que no hay diferencias significativas entre épocas de muestreo ($F=2,24$; $P=0,14$) ni entre sexo ($F=1,23$; $P=0,27$).

Sin embargo, al analizar el ICC por vertiente en función de la época de muestreo (Figura 7), se encontraron diferencias significativas para la época húmeda ($F=13,16$; $P<0,0001$), donde los animales de la vertiente 3 presentaron una mayor condición corporal ($0,07 \pm 0,02$) seguido por la vertiente 2 ($0,06 \pm 0,02$) sobre la vertiente 5 ($-0,05 \pm 0,03$) y la vertiente 7 ($-0,05 \pm 0,01$). Del mismo modo para la época seca se detectaron diferencias significativas entre vertientes ($F=6,93$; $P<0,001$) donde la vertiente 6 presentó la mejor condición corporal ($0,09 \pm 0,01$), sin diferencias significativas con las vertientes 7 y 3, pero sí con la vertiente 5 ($-0,01 \pm 0,01$) y vertiente 2 ($-0,05 \pm 0,02$) (Apéndice IV).

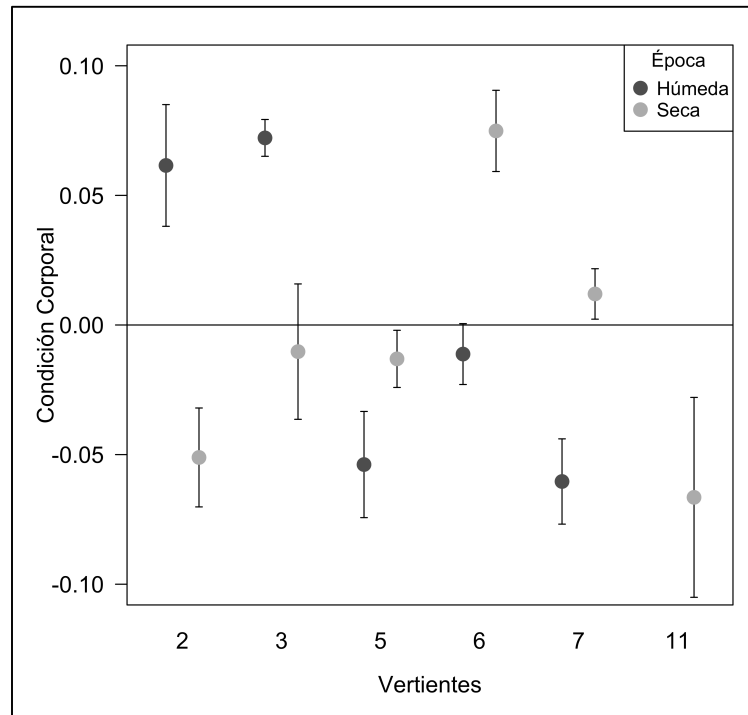


Figura 7. Índice de Condición Corporal promedio por vertiente y época de muestreo.

Caracterización del Hábitat

De las once vertientes del Salar de Ascotán, sólo se detectó la presencia de *Telmatobius* sp. en seis (vertientes 2, 3, 5, 6, 7 y 11). Las estimaciones de parámetros fisicoquímicos y de hábitat para vertientes con presencia de anfibios no consideran los obtenidos en la vertiente 11 y se presentan aparte, pues se considera como un sistema altamente intervenido antrópicamente.

En cuanto a las características de hábitat de las vertientes con ranas (Cuadro 3), se observó que este anfibio presenta una gran capacidad de adaptación a distintas condiciones de calidad de aguas. En la época húmeda se registraron conductividades de $3,01 \pm 0,09$ mS cm^{-1} , oxígeno disuelto de $9,85 \pm 0,76$ mg L^{-1} y temperaturas del agua de $13,88 \pm 0,81$ °C. La cobertura de vegetación acuática fue de $47,17 \pm 8,73\%$ (20% como mínimo), y con

refugios de tamaños de $23,00 \pm 3,97$ cm de alto y $23,88 \pm 3,48$ cm de largo. De las vertientes con ocupación por anfibios la que presentó la menor área corresponde a una superficie de $339,9 \text{ m}^2$ para la vertiente 3.

Durante la época seca las vertientes presentaron valores de conductividad de $3,33 \pm 0,06 \text{ mS cm}^{-1}$, oxígeno disuelto de $7,68 \pm 0,37 \text{ mg L}^{-1}$ y temperaturas del agua de $19,60 \pm 0,98$ °C. La cobertura de vegetación acuática fue de $63,67 \pm 8,76\%$ y con refugios de $20,41 \pm 2,67$ cm de alto y $22,73 \pm 3,86$ cm de largo.

En cambio, en aquellas vertientes donde no se detectó la presencia de anfibios, en general se observó una calidad de agua distinta, con valores mayores en conductividad y SDT y bajo valor de oxígeno disuelto. En la época húmeda se registró valores de conductividad de $4,75 \pm 0,61 \text{ mS cm}^{-1}$, oxígeno disuelto de $7,26 \pm 0,58 \text{ mg L}^{-1}$ y temperaturas del agua de $15,49 \pm 1,07$ °C. La cobertura de vegetación acuática fue de $53,63 \pm 10,43\%$ y refugios de $15,94 \pm 3,82$ cm de alto y $23,23 \pm 3,82$ cm de largo. Para la época seca se registró valores de conductividad de $5,15 \pm 0,70$, oxígeno disuelto de $7,86 \pm 0,60 \text{ mg L}^{-1}$ y temperaturas del agua de $18,80 \pm 1,26$ °C. La cobertura de vegetación acuática fue de $48,60 \pm 9,52\%$, con refugios de $9,00 \pm 2,17$ cm de alto y $17,13 \pm 5,65$ cm de largo (Cuadro 3)

El caso de la vertiente 11 es particular, pues ha sido la más afectada por la actividad antrópica, siendo desecada en el año 2005. En la actualidad la vertiente está reducida a un área de 48 m^2 , con un perímetro de 27 m. La conductividad presentó valores de $3,63 \text{ mS cm}^{-1}$ en la época húmeda y $2,06 \text{ mS cm}^{-1}$ en la época seca. La temperatura del agua es notoriamente más alta que el resto de las vertientes del salar en las dos épocas de muestreo con $23,5^\circ\text{C}$ en la época húmeda y $29,2^\circ\text{C}$ en la época seca.

En cuanto a las características de hábitat de la vertiente 11, se observó un aumento en la profundidad de cuerpo de agua de $32,50 \pm 17,50$ a $37,50 \pm 22,50$ cm en la época húmeda y seca respectivamente, la cobertura de vegetación acuática registró un aumento de un $19,58 \pm 13,75\%$ a $42,92 \pm 37,08\%$. Los refugios fueron escasos y superficiales, con dimensiones de $4,00 \pm 4,00$ cm de alto y $3,33 \pm 3,33$ cm de largo, asociados a las infraestructuras del plan de recuperación de la vertiente.

Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos y de hábitat de las vertientes en el Salar de Ascotán, promedio de valores \pm error estándar, para época húmeda (mayo 2013) y época seca (noviembre 2013).

	Época Húmeda			Época Seca		
	Presencia	Ausencia	Vertiente 11	Presencia	Ausencia	Vertiente 11
Dens (ind m ⁻²)	0,65 \pm 0,19	–	0,10 \pm 0,10	1,59 \pm 0,55	–	0,40 \pm 0,40
Temp_agua (°C)	13,88 \pm 0,81*	15,49 \pm 1,07*	23,5	19,60 \pm 0,98	18,80 \pm 1,26	29,2
Temp_amb (°C)	11,62 \pm 0,52*	13,71 \pm 0,68	16,1	15,97 \pm 1,44	14,02 \pm 0,82	22,1
Ox (mg L ⁻¹)	9,85 \pm 0,76	7,26 \pm 0,58	12,5	7,68 \pm 0,37	7,86 \pm 0,60	10,73
pH	8,42 \pm 0,09	7,94 \pm 0,17	7,85	8,22 \pm 0,09	7,97 \pm 0,23	8,32
EC (mS cm ⁻¹)	3,01 \pm 0,09*	4,75 \pm 0,61	3,63	3,33 \pm 0,06	5,15 \pm 0,70	2,06
SDT (m L ⁻¹)	1,58 \pm 0,07*	2,38 \pm 0,30	1,81	1,65 \pm 0,03	2,73 \pm 0,46	1,02
Turbidez (NTU)	3,80 \pm 1,47	4,14 \pm 1,55	3,16	5,13 \pm 2,27	3,55 \pm 0,83	0,66
Cob_veg_terr (%)	69,33 \pm 7,00	65,33 \pm 6,96	62,50 \pm 37,50	72,67 \pm 5,30	58,93 \pm 8,08	62,50 \pm 37,50
Cob_veg_agua (%)	47,17 \pm 8,73	53,63 \pm 10,43	19,58 \pm 13,75	63,67 \pm 8,76	48,60 \pm 9,52	42,92 \pm 37,08
Prof (cm)	40,87 \pm 6,09	35,36 \pm 6,14	32,50 \pm 17,50	42,67 \pm 5,97	30,33 \pm 6,61	37,50 \pm 22,50
Alto_ref (cm)	23,00 \pm 3,97*	15,94 \pm 3,82	4,00 \pm 4,00	20,41 \pm 2,67*	9,00 \pm 2,17	3,33 \pm 3,33
Larg_ref (cm)	23,88 \pm 3,48	23,23 \pm 3,82	3,50 \pm 3,50	22,73 \pm 3,86	17,13 \pm 5,65	3,42 \pm 3,42

Donde:

Dens	: Densidad de <i>Telmatobius</i>
Temp_agua	: Temperatura del agua
Temp_amb	: Temperatura ambiental
Ox	: Oxígeno disuelto
EC	: Conductividad eléctrica
SDT	: Sólidos disueltos totales
Cob_veg_terr	: Cobertura de vegetación terrestre
Cob_veg_agua	: Cobertura vegetación acuática
Prof	: Profundidad
Alto_ref	: Alto de refugio
Larg_ref	: Largo de refugio
*	: Diferencias significativas

Al evaluar las diferencias entre épocas de muestreo, para vertientes con presencia de *Telmatobius* y en las que está ausente, se detectaron diferencias significativas para cinco variables, que fueron la temperatura del agua, temperatura ambiental, conductividad, sólidos disueltos totales y alto de refugio. La temperatura del agua fue más baja en la época húmeda ($H=16,16$; $P=0,001$), mientras que la temperatura ambiental fue más baja en la época húmeda para las vertientes con presencia ($H=11,67$; $P=0,009$), sin embargo esto puede tener relación con la hora a la que se tomaron los datos, que se evaluaron a primera hora del día. La conductividad presentó valores significativamente menores en la época húmeda en las vertientes con presencia de *Telmatobius* ($H=16,19$; $P=0,001$), seguido por vertientes con presencia en época seca, sin diferencias significativas de las vertientes con

ausencia de anfibios (Figura 8). Los sólidos disueltos totales siguieron el mismo comportamiento de la conductividad, con valores significativamente menores en la época húmeda ($H=12,19$; $P=0,007$). De las características de los refugios sólo se encontraron diferencias significativas en el alto de los refugios (Figura 9), siendo significativamente mayor en las vertientes con presencia de anfibios tanto para la época húmeda como seca, con respecto a las vertientes sin anfibios en la temporada seca ($H=8,86$; $P=0,031$).

Al comparar los datos dentro de las épocas de muestreo se detectaron diferencias significativas en tres variables para la época húmeda y una variable para la época seca (Cuadro 4). En la época húmeda la temperatura ambiental presentó valores significativamente mayores en las vertientes con ausencia de anfibios ($H=4,13$; $P=0,042$). El oxígeno disuelto fue significativamente mayor en las vertientes con presencia de *Telmatobius* ($H=4,22$; $P=0,04$), la misma situación se presentó con el pH, donde presentó valores más alcalinos en las vertientes con presencia de anuros ($H=4,74$; $P=0,029$). Para la época seca el alto de refugio fue significativamente mayor en las vertientes con presencia de *Telmatobius* ($H=8,19$; $P=0,004$).

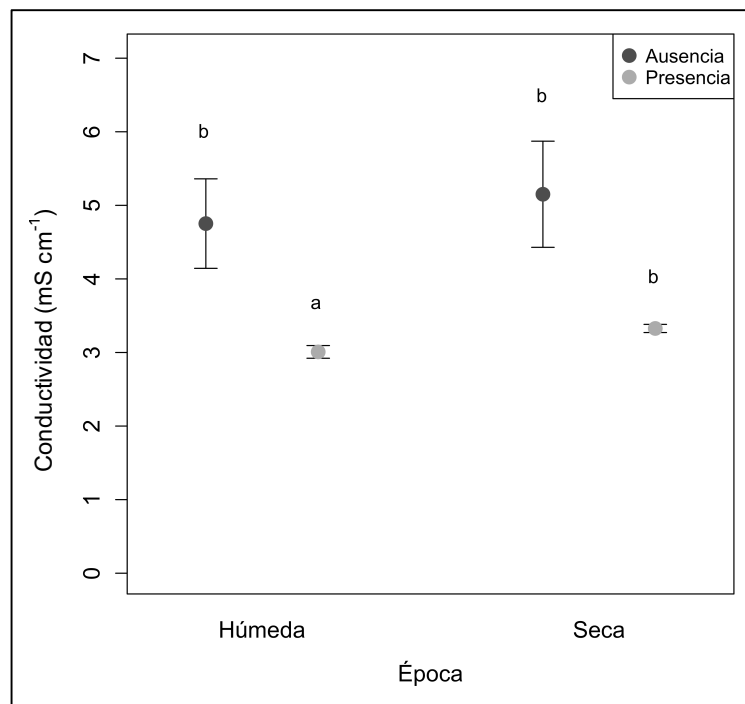


Figura 8. Conductividad eléctrica del agua (mS cm^{-1}) para vertientes con presencia y ausencia de *Telmatobius* para las épocas húmeda y seca. Medias con una misma letra no son significativamente diferentes ($P>0,05$).

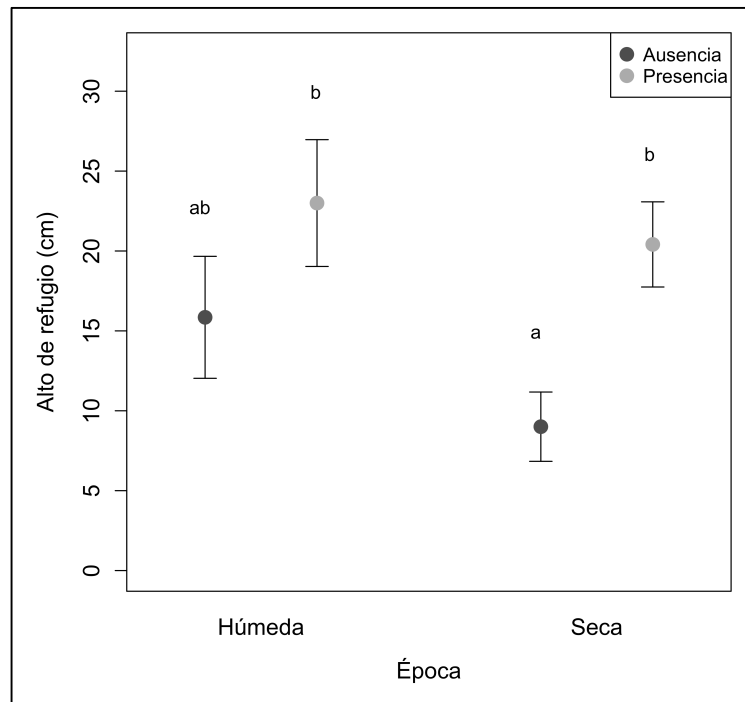


Figura 9. Alto de refugio (cm) para vertientes con presencia y ausencia de *Telmatobius* para las épocas húmeda y seca. Medias con una misma letra no son significativamente diferentes ($P>0,05$).

Al analizar el comportamiento de las variables dentro de los transectos de las vertientes (Apéndice V) donde se detectó la presencia de *Telmatobius*, cuatro variables presentaron diferencias significativas en la época húmeda y tres variables en la época seca. Para la época húmeda, tanto la temperatura del agua ($H=7,44$; $P=0,024$) como la profundidad del estero ($H=7,15$; $P=0,025$) fueron significativamente menor en el transecto III. La cobertura de vegetación acuática ($H=10,22$; $P=0,006$) (Figura 10) fue significativamente mayor en el transecto I (surgencia). Y el largo de refugio ($H=7,12$; $P=0,028$) fue significativamente mayor en el transecto I que en el transecto III. Para la época seca la cobertura de vegetación acuática ($H=8,88$; $P=0,011$) fue significativamente mayor en el transecto I y menor el transecto III. La profundidad ($H=8,26$; $P=0,014$) presentó el mismo comportamiento que en la época húmeda siendo significativamente menor en el transecto III. Por último el alto de refugio ($H=6,46$; $P=0,039$) fue significativamente menor en el transecto III.

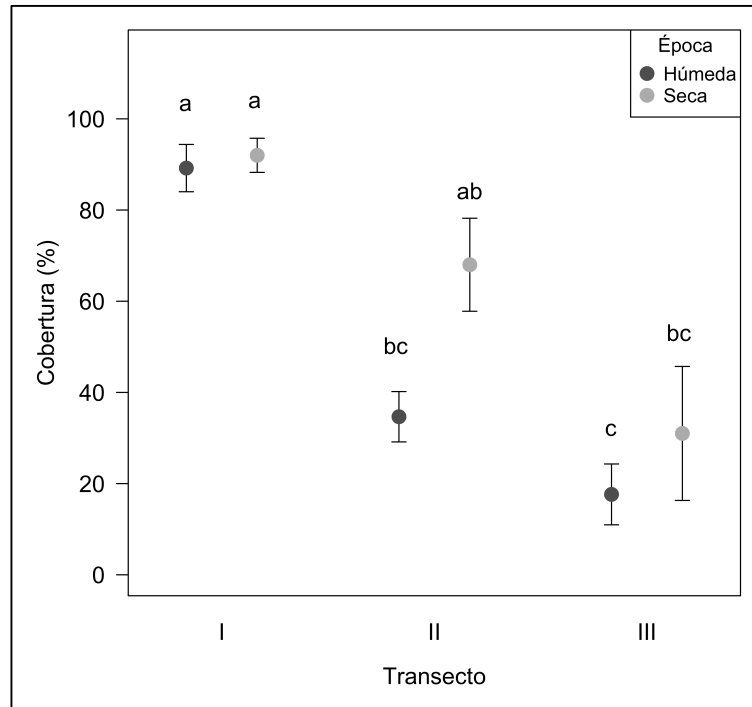


Figura 10. Cobertura promedio de vegetación acuática para la época húmeda y seca, donde transecto I está ubicado en la surgencia, transecto II en la laguna de agua dulce y transecto III en el ecotono de la vertiente con el salar. Medias con una misma letra no son significativamente diferentes ($P>0,05$).

Modelos de densidad de *Telmatobius* sp. en el Salar de Ascotán

Se presentan dos modelos, uno para cada época de muestreo (Cuadro 4 y Cuadro 5). Ambos modelos presentan valores significativos para el intercepto, la cobertura de vegetación acuática, cobertura de vegetación a orillas de la vertiente, conductividad eléctrica del agua y oxígeno disuelto.

En cuanto a los coeficientes para cada variable, destaca la alta influencia negativa de la conductividad eléctrica del agua, con un alto coeficiente en ambos modelos. En el caso de la cobertura de vegetación acuática se detectó un cambio en el sentido del coeficiente, siendo negativo en la época húmeda y positivo en la época seca. La misma situación se presentó para el oxígeno disuelto.

Cuadro 4. Modelo de densidad de *Telmatobius* sp. en el Salar de Ascotán para la época húmeda, EE=error estándar, Z=estadístico de prueba y P=significancia.

Variable	Coficiente	EE	Z	P	
Intercepto	9,309	2,279	4,085	4,41E-05	***
Cob_veg_agua	-0,018	0,004	-4,321	1,55E-05	***
Cob_veg_az	0,028	0,007	4,214	2,51E-05	***
EC	-3,134	0,783	-4,003	6,24E-05	***
Ox	-0,107	0,045	-2,373	0,0176	*
Larg_ref	0,065	0,011	5,912	3,38E-09	***

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
AIC: 113,74
R²: 0,499
Desviación nula 129,605 con 14 grados de libertad
Desviación residual 64,86 con 9 grados de libertad

Donde:

Cob_veg_agua : Cobertura vegetal acuática
Cob_veg_az : Cobertura vegetal azonal
EC : Conductividad eléctrica
Ox : Oxígeno disuelto
Largo_ref : Largo de refugio

Cuadro 5. Modelo de densidad de *Telmatobius* sp. en el Salar de Ascotán para la época seca, EE=error estándar, Z=estadístico de prueba y P=significancia.

Variable	Coficiente	EE	Z	P	
Intercepto	9,575	1,490	6,426	1,31E-10	***
Cob_veg_agua	0,033	0,004	7,463	8,45E-14	***
Cob_veg_az	0,028	0,006	5,048	4,46E-07	***
EC	-3,797	0,459	-8,277	<2E-16	***
Ox	0,100	0,048	2,071	0,0383	*

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
AIC: 106,38
R²: 0,8663
Desviación nula 359,25 con 14 grados de libertad
Desviación residual 48,01 con 10 grados de libertad

Donde:

Cob_veg_agua : Cobertura vegetal acuática
Cob_veg_az : Cobertura vegetal azonal
EC : Conductividad eléctrica
Ox : Oxígeno disuelto

Vulnerabilidad del hábitat en las vertientes del Salar de Ascotán.

En el Cuadro 6; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan las estimaciones de las variables que se incorporaron en el índice de vulnerabilidad. Los resultados del índice de vulnerabilidad INVUL para cada vertiente (Cuadro 7), indican que

en general las vertientes presentan un nivel bajo de amenaza, tanto en un radio de 170 m, con siete vertientes con valor bajo, como 500 m, con cinco vertientes con valor bajo, siendo la vertiente 11 la con mayor vulnerabilidad (valor 21 del índice en ambos escenarios). Los escenarios propuestos en el cálculo del índice según el radio muestran leves diferencias, aumentando la vulnerabilidad de nivel bajo a medio en dos vertientes en el escenario de 500 m de radio. Las vertientes con valor alto de vulnerabilidad se mantienen en los dos escenarios.

Por otra parte, las vertientes que presentan el menor valor de vulnerabilidad, son las vertientes 2, 8 y 9 con valor 11 del INVUL en ambos escenarios, de ellas sólo la vertiente 2 presenta *Telmatobius* y corresponde a la vertiente con mayor superficie del salar. De las otras vertientes con presencia de anfibios, las vertientes 5 y 6 mantienen el valor bajo de vulnerabilidad, la vertiente 3 aumenta el índice al aumentar el radio y la vertiente 7 mantiene el índice medio entre escenarios.

Las vertientes 1 y 11 son las que se encuentran más aisladas del resto de las vertientes, con una distancia superior a los cuatro kilómetros en la vertiente 1 y nueve kilómetros en la vertiente 11. Por otro lado las vertientes 5 y 6 son las que se encuentran más cercanas entre sí a una distancia de 57 metros y entre las vertientes 2 y 6 hay una distancia no superior a 1,1 kilómetros.

Cuadro 6. Resultados por vertiente de las variables evaluadas para calcular el Índice de Vulnerabilidad de las vertientes del Salar de Ascotán.

Vert.	ÁREA	PERIM	FRAC	DRCP	ENN	DC_170	DC_500	INFRA
	m ²	m		km	m	m km ⁻²		
1	287,37	76,36	1,09	16,13	4.122,77	12.710,70	5.718,63	20
2	8.011,12	568,72	1,15	15,96	216,09	12.724,77	7.005,63	20
3	339,66	160,54	1,32	15,67	216,09	7.924,37	8.698,35	10
4	73,34	60,63	1,33	15,33	217,04	6.388,51	6.552,04	20
5	7.952,88	456,38	1,1	14,11	57,38	5.998,83	4.916,66	25
6	2.287,28	290,4	1,17	13,87	57,38	7.926,37	5.269,72	20
7	3.857,15	293,85	1,09	29,02	3.905,58	6.564,48	3.085,69	30
8	7.567,92	448,36	1,1	24,42	3.946,92	4.506,19	2.138,38	20
9	3.327,39	335,07	1,15	18,75	577,32	3.028,90	3.595,52	30
10	1.420,59	187,7	1,12	17,8	577,32	8.338,37	4.092,52	60
11	48,26	27,21	1,11	7,8	9.303,52	15.998,66	7.567,65	70

Donde:

Vert. : Vertiente

INFRA : Índice de Infraestructuras

ENN : Índice de Distancia Euclidiana al Vecino Más Cercano

DRCP : Índice de Distancia a Centros Poblados

FRAC : Índice de Dimensión Fractal

PERIM : Perímetro de la vertiente

DC_500 : Densidad de caminos a 500 metros a la redonda

DC_170 : Densidad de caminos a 170 metros a la redonda

Cuadro 7. Valores cualitativos de las variables evaluadas al calcular el Índice de vulnerabilidad de las vertientes del Salar de Ascotán.

Vert.	ÁREA	PERIM	FRAC	DRCP	ENN	DC_170	DC_500	INFRA	INVUL 170	INVUL 500	INVUL 170q	INVUL 500q
1	alto	alto	alto	medio	alto	alto	medio	bajo	18	17	alto	alto
2	bajo	bajo	medio	medio	bajo	alto	alto	bajo	11	11	bajo	bajo
3	alto	alto	bajo	medio	bajo	medio	alto	bajo	13	14	bajo	medio
4	alto	alto	bajo	alto	bajo	bajo	alto	bajo	13	15	bajo	medio
5	bajo	bajo	alto	alto	bajo	bajo	medio	medio	12	13	bajo	bajo
6	medio	medio	medio	alto	bajo	medio	medio	bajo	13	13	bajo	bajo
7	medio	medio	alto	bajo	alto	bajo	bajo	medio	14	14	medio	medio
8	bajo	bajo	alto	bajo	alto	bajo	bajo	bajo	11	11	bajo	bajo
9	medio	bajo	medio	medio	bajo	bajo	bajo	medio	11	11	bajo	bajo
10	alto	alto	alto	medio	bajo	medio	bajo	alto	17	16	alto	alto
11	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	21	21	alto	alto

Donde:

INVUL170 : Índice de Vulnerabilidad a 170 metros

INVUL500 : Índice de Vulnerabilidad a 500 metros

INVUL170q : Índice de Vulnerabilidad a 170 metros estandarizado

INVUL500q : Índice de Vulnerabilidad a 500 metros estandarizado

Discusión

Caracterización poblacional de *Telmatobius* sp. en el salar de Ascotán

Los resultados de este estudio señalan que la población de *Telmatobius* sp. del Salar de Ascotán está restringida a seis de las once vertientes del salar, de las cuales cinco se encuentran en el margen oriental en el centro del salar. Las densidades registradas varían entre las épocas de muestreo, presentando en la época seca mayores valores en la surgencia de las vertientes.

Respecto a los aspectos morfométricos evaluados, no se encuentra una marcada diferencia entre las vertientes, entre épocas de muestreo, donde los individuos de la vertiente 6 presentaron mayores pesos que las vertientes 5 y 7 en ambas épocas. Para la LHC sólo en la época seca se detectaron mayores longitudes en los individuos de las vertientes 2 y 3 sobre los individuos de las vertientes 5 y 11. La ausencia de patrones morfométricos estables entre épocas de muestreo sugiere que existe una marcada variación poblacional, situación descrita por De la Riva (2005) como un aspecto común para el género.

Las hembras presentaron un mayor peso y LHC, como se ha reportado para otras especies del género (Benavides *et al.*, 2002; Formas *et al.*, 2006), pese a que no se detectaron diferencias significativas entre sexos.

Al evaluar el índice de condición corporal tampoco se ve una tendencia en las dos épocas de muestreo, sin embargo Lowe (2006) establece que aquellos individuos que presentan una mayor condición corporal tienen más posibilidades de desplazamiento y sobrevivencia. En este sentido, las diferencias registradas en las vertientes 2 y 3, que presentaron una mayor condición corporal en la época húmeda indicaría que los individuos de esas vertientes presentan una mayor capacidad para enfrentar las condiciones adversas que se presentan en invierno. Por otro lado, los resultados de condición corporal presentados en *Bombina variegata* (Bancila *et al.* 2010) muestran una mejor condición corporal en las estaciones de primavera-verano, que en invierno, producto del gasto energético de la hibernación y reproducción, situación detectada para las vertientes 2 y 3, donde en la época húmeda (mayo), inicio de época invernal, los individuos presentaron un mayor índice de condición corporal que en la época seca (noviembre), inicio de la época estival. Caso contrario se detectó para las vertientes 5, 6 y 7, donde los individuos presentaron una mejor condición corporal en la época seca, lo que se puede explicar por una mayor cantidad de ejemplares evaluados, donde las capturas aumentaron a más del doble de individuos respecto a la época húmeda.

En ambas épocas de muestreo se detectaron larvas entre los estadios 30 y 43, lo que sugiere que el desarrollo larval es mayor a una temporada. El estudio de Corbalán *et al.* (2014) detectó que para *Alsodes pehuenche*, un anfibio altoandino de los Andes centrales, el desarrollo larval se completó en 4 temporadas, situación que puede ocurrir en *Telmatobius*, dadas las condiciones inhóspitas de los lugares que habita. Sin embargo se desconocen aspectos básicos de la biología reproductiva y desarrollo larval para las especies de este género y otros presentes en Chile, como *Atelognathus*, *Alsodes* y *Eupsophus* (Soto *et al.* 2007).

Caracterización del Hábitat

Las características del hábitat presentes en el Salar de Ascotán concuerdan con lo mencionado por Keller y Soto (1998), respecto a un marcado aumento de la conductividad eléctrica del agua, y sólidos disueltos totales, a mayor distancia de la surgencia. Asimismo las densidades de vertebrados se correlacionan negativamente con la conductividad, presentando mayores densidades en aquellas vertientes donde la conductividad es más baja. A medida que se adentra en el salar, unos 100 metros, las características morfológicas del cuerpo de agua cambian hacia una laguna salobre de baja profundidad y sin vegetación tanto acuática como terrestre.

Informes técnicos de monitoreos de años anteriores realizados por Minera El Abra (CEA, 2008 y Jaime Illanes y Asociados Consultores, 2010), detectaron la presencia de anfibios en

las vertientes 9 y 10 hasta los años 2008 y 2010, respectivamente. En cuanto a las características fisicoquímicas, tanto la conductividad como los sólidos disueltos presentaron valores elevados en estas vertientes, mientras que el oxígeno disuelto presentó valores menores a los registrados en el resto de las vertientes, lo que afecta el desarrollo larval de anfibios (Halverson *et al.*, 2003). Asimismo se detectó que la vegetación acuática presentó una mayor densidad que en las otras vertientes, lo que se puede asociar a un proceso de eutroficación, que podría estar relacionado con la caída de material mencionada y a la ausencia de anfibios en estas vertientes (Ravenstel *et al.*, 2004).

En el caso de la vertiente 11, luego de su desecación en el año 2005 por la sobre extracción de aguas, se implementó un plan de recuperación mediante recarga artificial de agua y un sistema de riego por tendido, para la recuperación de la vegetación azonal. Las características del hábitat en esta vertiente presentaron una variación entre las épocas de muestreo, disminuyendo la conductividad y aumentando la cobertura de vegetación acuática por el manejo en la vertiente. La temperatura del agua fue más de 10 °C mayor al resto de las vertientes con presencia de *Telmatobius*, esto se debe a que la recarga de aguas llega por medio de tuberías superficiales, siendo extraída de pozos ubicados en quebradas adyacentes al salar.

Los anfibios en esta vertiente se encuentran asociados a cavidades producto de la intervención propiamente tal, en secciones de aforo y tuberías, más que por cavidades naturales, las que fueron destruidas por la implementación del sistema de riego tendido para la recuperación de la vegetación. Esta situación deja en evidencia el alto grado de vulnerabilidad en que se encuentra la población de anfibios de la vertiente 11.

Es importante señalar que Keller y Soto (1998) postulan a las vertientes 7 y 11 como las vertientes con mayores densidades de *Orestias ascotanensis* y con mejores características de hábitat para el pez, lo que evidencia la importancia que presentaba la vertiente 11 antes de su desecación. En este sentido establecen que las variables fisicoquímicas salinidad y conductividad son agentes que limitan la conexión de las poblaciones de *Orestias* entre las distintas vertientes. Esta hipótesis se podría aplicar para el caso de *Telmatobius*, puesto que los anfibios presentan una mayor sensibilidad a las características ambientales por una mayor permeabilidad de la piel, lo que se suma a la escasa disponibilidad de refugios en los sectores del ecotono de las vertientes con el salar.

El estudio de Genova (2011) para *Telmatobius culeus*, que habita el lago Titicaca, señala que el pH es un factor clave en la presencia, desarrollo y densidad de ranas en el lago Titicaca, afectando sus poblaciones desde un rango de pH que va entre 6 y 4,5, lo que se potencia por la presencia de metales pesados. En el caso de las vertientes del Salar de Ascotán, esta variable presentó valores ligeramente alcalinos, lo que indica que este parámetro no es una limitante para el desarrollo de anfibios, con excepción de la vertiente 1 en la época húmeda con valores ligeramente ácidos.

El área de ocupación determinada por las vertientes con presencia de *Telmatobius* corresponde a una superficie de 2,2 ha. De acuerdo con los criterios de clasificación de

especies amenazadas de la UICN, una especie con un rango de distribución tan acotado califica dentro de la categoría de En Peligro (EN). Incluso si se asocia a la población del salar de Carcote, a la que estaría estrechamente relacionada (Sáez *et al.* 2014), calificaría en esta categoría por lo restringido de su distribución, área de ocupación y reducción poblacional (UICN, 2012), evidenciada en los informes técnicos de Minera El abra.

Modelos de densidad de *Telmatobius* sp. en el Salar de Ascotán

Las variables de hábitat y fisicoquímicas son las que mejor explican la densidad de *Telmatobius* sp. en el Salar de Ascotán. En este sentido los dos modelos son consistentes en cuanto a las variables que consideran. Sin embargo la estacionalidad genera un efecto inverso en los coeficientes de las variables cobertura de vegetación acuática y oxígeno disuelto, afectando de manera negativa en el modelo de la época húmeda y positiva en la época seca. Esto se explica en parte por un incremento excesivo de la actividad biológica de las vertientes en la época húmeda, donde un aumento desmedido de la vegetación acuática puede limitar el desplazamiento de animales, así como reducir la disponibilidad de oxígeno en el agua. Asimismo la variabilidad entre épocas de muestreo tanto de las densidades, que aumentaron en la época seca, como de las variables, considerando que la cobertura de vegetación acuática presentó valores más altos en la época seca en las vertientes con presencia de *Telmatobius* y el oxígeno disuelto disminuyó en la época seca, pero presentó valores homogéneos y estables entre vertientes con presencia de anfibios, con menor variabilidad.

La época seca, por ser una etapa de mayor estrés ambiental, el modelo de hábitat representa de mejor manera la densidad de anfibios en el Salar de Ascotán, obteniendo un coeficiente de correlación mayor ($R^2 = 0,87$), comparada a la época húmeda ($R^2=0,5$).

Vulnerabilidad del hábitat en las vertientes del Salar de Ascotán.

Las variables evaluadas en el Índice de Vulnerabilidad de las vertientes señalan que en general presentan un bajo nivel de vulnerabilidad (Cuadro 7) para los dos escenarios propuestos. En este sentido solo dos de las vertientes vieron alterado su índice por el cambio escenario, aumentando de bajo a medio el valor. Para el caso de las vertientes 1, 10 y 11 mantuvieron el valor del índice alto entre los escenarios.

La vertiente que presenta el valor más alto de vulnerabilidad es la vertiente 11, con las ocho variables evaluadas con valor estandarizado alto. Dentro de las causas se encuentra la desecación de la vertiente en el año 2005 que redujeron drásticamente la superficie de la vertiente, junto con las intervenciones realizadas para su recuperación, como la implementación de un sistema de recarga artificial de agua y un sistema de riego tendido para el crecimiento de la vegetación terrestre. Junto con esto, es la vertiente que se encuentra más cercana a un centro poblado y más aislada del resto de las vertientes. Pese a

ello es posible encontrar individuos de *Telmatobius*, pero con menor densidad que las otras vertientes con presencia.

El Índice de Vulnerabilidad califica como vulnerabilidad baja a las vertientes 2–6, 8 y 9. De ellas, las vertientes 4, 8 y 9 no presentan *Telmatobius*, sin embargo en la vertiente 9 y 10 hay registros de su presencia hasta los años 2008 y 2010. CEA (2003) reporta que en el año 2003 se produjo la caída de material de faenas mineras, pudiendo este evento ser uno de los causantes de la extinción de anfibios en estas vertientes. Si bien este evento no fue cuantificado para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad, sí deja en evidencia la susceptibilidad que presenta la población de *Telmatobius* sp. a este tipo de perturbaciones.

CONCLUSIONES

La caracterización poblacional y de hábitat de *Telmatobius* en el salar de Ascotán, indica que este anuro se distribuye de manera heterogénea en las vertientes del salar, estando presente en seis de las once vertientes. No existe un patrón espacial respecto a su distribución en las vertientes, ya que se presentan individuos intercaladamente con vertientes donde las ranas están ausentes. Respecto a aquellas donde está ausente, las vertientes 9 y 10 presentaron registros de anfibios hasta el año 2010 en reportes técnicos. Su ausencia se puede deber a la caída de material de faenas mineras en años anteriores, por lo que es necesario la búsqueda de las reales causas para la ejecución de medidas de recuperación de las vertientes.

Tanto las características físicas de hábitat como las fisicoquímicas presentaron variaciones desde la surgencia de cada vertiente hacia el interior del salar. Para el caso de la conductividad eléctrica, se observó un fuerte aumento hacia el centro del salar y tanto las coberturas de vegetación como las dimensiones de los refugios presentan una marcada disminución a medida que se aleja de la surgencia.

Las comparaciones de varianza entre vertientes con presencia de *Telmatobius* y épocas de muestreo muestran que las ranas están presentes en las vertientes con menor valor de conductividad eléctrica del agua, mientras que la temperatura del agua fue significativamente menor en la época húmeda y el oxígeno disuelto mayor. Asimismo, las vertientes con presencia de anfibios presentaron refugios con dimensiones significativamente mayores.

Los modelos de estimación de densidad de *Telmatobius* permiten concluir que solo algunas de las variables fisicoquímicas y de hábitat son las que mejor explican las densidades en las distintas vertientes, entre ellas destaca la conductividad eléctrica del agua, que restringe el rango de distribución de la población a pocos metros desde la surgencia. El modelo desarrollado para la época seca es el que mejor representa la densidad de anfibios en el salar por presentar un menor índice de desviación residual.

La evaluación de la vulnerabilidad de hábitat en las vertientes del salar da cuenta que todo el salar presenta un alto grado de perturbación antrópica, lo que se traduce en una vulnerabilidad de hábitat similar para las vertientes. Sumado a la relativa cercanía existente entre las vertientes, se concluye que el hábitat para *Telmatobius* sp. tiene una sensibilidad baja y es susceptible a sufrir cambios irreversibles si no se toman medidas tendientes a la protección del las vertientes.

Los resultados obtenidos, permiten ampliar el conocimiento de los anuros de Chile, específicamente a los de la zona altiplánica, donde el género *Telmatobius* es el principal exponente. En este sentido el conocimiento científico es un primer paso para el desarrollo

de un plan de conservación local, dado el alto riesgo que presentan las poblaciones producto de la intervención antrópica.

El conocimiento de este taxa es importante pues en la región hoy se encuentran otras especies de anfibios del género *Telmatobius* en peligro crítico de extinción, como *T. fronteriensis*, *T. dankoi*, *T. vilamensis* y en peligro de extinción, como *T. philippii*. Es por esto que el estudio de la rana de Ascotán, marca un precedente para el estudio de los requerimientos de hábitat de las otras especies del género.

BIBLIOGRAFÍA

- Baillie, J.E.M.; C. Hilton-Taylor & S.N. Stuart (Eds.). 2004. 2004 IUCN Redlist of Threatened Species: A global species assessment. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. xxiv, 191p.
- Bancila, R.; T. Hartel; R. Plaiasu; J. Smets & D. Cogalniceanu. 2010, may. Comparing three body condition indices in amphibians: a case study of yellow-bellied toad *Bombina variegata*. *Amphibia-Reptilia*, 31:558–562.
- Barinaga, M. 1990, mar. Where have all the froggies gone?. *Science*, 247(4946): 1033–1034.
- Benavides, E.; J.C. Ortiz & J.R. Formas. 2002, jun. A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. *Herpetologica*, 58(2): 210–220.
- Berger, L.; R. Speare; P. Daszak; D.E. Green; AA. Cunningham, C.L. Goggin. et al. 1998, jul. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forest of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 95(15): 9031–9036.
- Bolivar, B. 2009. Análisis del hábitat óptimo y modelado de Nicho ecológico para la conservación del venado cola blanca en el centro de Veracruz. Tesis Maestría en Ciencias. Xalapa, Veracruz, México: Instituto de Ecología, A.C. 93p.
- Capurro, L. 1954. El género *Telmatobius* en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 54(3): 31–40.
- Centro de Ecología Aplicad (CEA). 2003. Informe monitoreo ambiental de la flora, fauna y calidad del agua en el Salar de Ascotán, verano 2003. Minera el Abra. 121p.
- Centro de Ecología Aplicad (CEA). 2008. Informe monitoreo ambiental de la flora, fauna y calidad del agua en el Salar de Ascotán, invierno 2008. Minera el Abra. 113p.
- Corbalán, V.; G. Debandi; F. Martínez & C. Úbeda. 2014, sep. Prolonged larval development in the critically endangered Pehuenche's frog *Alsodes pehuenche*: implications for conservation. *Amphibia-Reptilia*, 35(3): 283–292.
- De la Riva, I. 2005. Bolivian frogs of the genus *Telmatobius*: synopsis, taxonomic comments, and description of a new species. *Monografías de Herpetología*, 7: 65–101.
- Di Castri, F. y E.R. Hajek. 1976. Bioclimatología de Chile. Santiago, Chile: Vicerrectoría Académica de la Universidad Católica de Chile. 128p.

- Díaz - Páez, H.; C. Williams y R.A. Griffiths. 2002. Diversidad y abundancia de anfibios en el Parque Nacional “Laguna San Rafael” (XI Región, Chile). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, 51: 135–145.
- Díaz-Páez, H. y J.C. Ortiz. 2003, sep. Evaluación del estado de conservación de los anfibios de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76(3): 509–525.
- Faraway, J. J. 2006. Extending the Linear Model with R. Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models. Boca Raton, FL., Chapman & Hall/CRC. 331p.
- Faúndez, L. y M. Escobar. 2007. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del Altiplano: Informe Final. División de Protección de Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Santiago, Chile: SAG. 47p.
- Formas, J.R.; C. Cuevas & J.J. Nuñez. 2006, jun. A new species of *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from northern Chile. *Herpetologica*, 62(2): 173–183.
- Frost, D. 2016. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0. [En línea]. New York, USA: The American Museum of Natural History. Recuperado en: <<http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php>>. Consultado el: 1 de junio de 2016.
- Gascon, C.; J. Collins; R. Moore; D. Church; J. McKay & J. Mendelson (Eds.). 2007. Amphibian Conservation Action Plan. Proceedings: IUCN/SSC Amphibian Conservation Summit 2005. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN/SSC (International Union for Conservation of Nature/ Species Survival Commission). 64p.
- Genova, M.I. 2011. Density and habitat preferences of Lake Titicaca frog (*Telmatobius culeus*) at north-west of Copacabana peninsula. Master Thesis Report. Wageningen, Netherlands: Wageningen Universiteit. 73p.
- Gómez, J. y J. Cochero. 2013, abr. Un índice para evaluar la calidad del hábitat en la franja costera sur del Río de la Plata y su vinculación con otros indicadores ambientales. *Ecología Austral*, 23: 18–26.
- Hajek E.R. y F. Di Castri. 1975. Bioclimatografía de Chile, manual de consulta.. Universidad Católica de Chile. 225 p.
- Hall, L.S.; P.R. Krausman & M.L. Morrison. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*, 25(1): 173–182.

Halverson, M.A.; D.K. Skelly; J.M. Kiesecker & L.K. Freidenburg. 2003, feb. Forest mediated light regime linked to amphibian distribution and performance. *Oecologia*, 134(3): 360–364.

Harrell FE. 2001. Regression modeling strategies: with applications to linear models, logistic regression and survival analysis. New York (NY): Springer-Verlag. 568 p.

Jaime Illanes y Asociados Consultores. 2010. Informe monitoreo ambiental semestral de fauna, flora, vegetación y calidad de agua Salar de Ascotán II región, Invierno 2010. Minera el Abra. 43p.

Keller, B. & D. Soto. 1998, may. Hydrogeologic influences on the preservation of *Orestias ascotanensis* (Teleostei: Cyprinodontidae), in Salar de Ascotán, northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71(2): 147–156.

Lannoo, M.; C. Funk; M. Gadd; T. Halliday & J. Mitehell. 2007. Freshwater resources and associated terrestrial landscapes. (cap.2, pp.16–18). In: Gascon, C., J. Collins, R. Moore, D. Church, J. McKay & J. Mendelson (Eds.). Amphibian Conservation Action Plan. Proceedings: IUCN/SSC Amphibian Conservation Summit 2005. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN/SSC (International Union for Conservation of Nature/ Species Survival Commission). 64p.

Lobos, G.; M. Vidal; C. Correa; A. Labra; H. Díaz-Páez; A. Charrier. et al. 2013a. Anfibios de Chile, un desafío para la conservación. Santiago, Chile:Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología. 104p.

Lobos, G.; P. Cattán; C. Estades & J. Jaksic. 2013b, feb. Invasive African clawed frog *Xenopus laevis* in southern South America: key factors and predictions. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 48(1): 1–12.

Lobos, G.; M. Vidal; M. A. Labra; C. Correa; F. Rabanal; H. Díaz-Páez. et al. [2012]. Protocolo para el control de enfermedades infecciosas en anfibios durante estudios de campo. Red Chilena de Herpetología. [En línea]. [s.l.]: RECH. 8p. Recuperado en: <<http://www.herpetologiadechile.cl/documentos>>. Consultado el: 30 de julio de 2013.

Lowe, W.H.; G.E. Likens & B.J. Cosentino. 2006, nov. Self-organisation in streams: the relationship between movement behaviour and body condition in a headwater salamander. *Freshwater Biology*, 51(11): 2052–2062.

McGarigal, K.; S.A. Cushman & E. Ene. 2012. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. [En línea]. Amherst, Massachusetts, USA: University of Massachusetts. Recuperado en: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Consultado el: 30 de julio de 2013.

Mella, J. y A. Peñaloza. 2005. Flora y Fauna en El Abra. Santiago, Chile: Novoa, F. y SC Minera el Abra (Eds). 158p.

Ministerio del Medio Ambiente y Agua de Bolivia (MMAYA). 2012. Plan de acción para la conservación de anfibios amenazados de Bolivia.. La Paz, Bolivia. PGD Impresiones. 150p.

Pechmann, J.; D. Scott; R. Semlitsch; J. Caldwell; L. Vitt & J.W. Gibbons. 1991, ago. Declining amphibian populations: The problem of separating human impacts from natural fluctuations. *Science*, 253(5022): 892–895.

Peña-Cortés, F.; G. Rebolledo; K. Hermosilla; E. Hauentein; C. Bertrán, R. Schlater y J. Tapia. 2006. Dinámica del paisaje para el período 1980–2004 en la cuenca costera del Lago Budi, Chile. Consideraciones para la conservación de sus humedales. *Ecología Austral*, 16(2): 183–196.

Puig, S.; F. Videla; M. Cona & E. Méndez. 2013, may. Diet selection by the lesser rhea (*Rhea pennata pennata*) in Payunia, Northern Patagonia (Mendoza, Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo*, 45(1): 211–224.

QGIS Development Team. 2013. QGIS Geographic Information System. [En línea]. Open Source Geospatial Foundation Project. Recuperado en: <<http://qgis.osgeo.org>>. Consultado el: 30 de septiembre de 2013.

R Development Core Team. 2005. R: A language and environment for statistical computing. [En línea]. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Recuperado en: <<http://www.R-project.org>>. Consultado el: 30 de septiembre de 2013.

Ravenstel, A.W.; K.R. Lips; C.C.M. Pringle; M.R. Whiles & R.J. Bixby. 2004. Neotropical tadpoles influence stream benthos: evidence for the ecological consequences of decline in amphibian populations. *Freshwater Biology*, 49: 274–285.

Sáez P.; P. Fibla; C. Correa; M. Sallaberry; H. Salinas; A. Veloso. et al. 2014, ago. 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(4): 769–782.

Salaberry, M.; A. Veloso; P. Victoriano; J. Mella y M. Méndez. 2012. Especies del género *Telmatobius* del altiplano sur. (cap. 15, pp.94–97) En: Soto-Azat, C. Y A. Valenzuela-Sanchez. Conservación de Anfibios de Chile. Santiago, Chile: Universidad Nacional Andres Bello. 100p.

Schlumberger Water Services. 2009, oct. Actualización del modelo conceptual hidrogeológico y desarrollo de un modelo numérico: Plan de manejo ambiental. Salar de

Ascotan. (3699), Schlumberger Water Services Chile Ltda. [En línea]. Santiago, Chile. 309p. Recuperado en: <<http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/6854>>. Consultado el: 30 de septiembre de 2013.

Shapiro, S.S. & M.B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52:591–611.

Simonetti, J.; M. Arroyo; A. Spotorno y E. Lozada (Eds.). 1995. Diversidad Biológica de Chile. Santiago, Chile: Comisión Nacional de Investigación de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). 364p.

Soto, E.; M. Salaberry; J. Núñez y M. Méndez. 2007. Desarrollo larvario y estrategias reproductivas en anfibios. (cap. 12, pp.333–357) En: Vidal, M y A. Labra (Eds.) Herpetología de Chile. Santiago, Chile: Science Verlag. 593p.

Stuart, S.; M. Hoffmann; J. Chanson; N. Cox; R. Berridge; P. Ramani & B. Young (Eds.). 2008. Threatened amphibians of the world. Barcelona, Spain: Lynx Edicions. 758p.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). 2012. Categorías y criterios de la lista roja de la UICN: version 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 34p.

Veloso, A. 2006. Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. (cap. 4, pp.103–140) En: Vila, I.; A. Veloso; R. Schlatter y C. Ramírez (Eds.) Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria. 195p.

Vila, I.; M. Méndez; S. Scott; P. Morales & E. Poulin. 2007, dic. Threatened fishes of the world: *Orestias ascotanensis* Parenti, 1984 (Cyprinodontidae). *Environmental Biology of Fishes*, 80(4): 491–492.

Vila, I.; P. Morales; S. Scott; E. Poulin; D. Véliz; C. Harrod & M. Méndez. 2013, mar. 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(3): 927–943.

Vonesh, J.R.; J.C. Mitchell; K. Howell & A.J. Crawford. 2010. Rapid assessments of amphibian diversity. (cap. 15, pp.265–280). In: Dodd, K. (Ed). Amphibian ecology and conservation: a handbook of techniques. UK: Oxford University Press Inc. 556p.

Voyles, J.; S. Young; L. Berger; C. Campbell; W.F. Voyles; A. Dinudom. et al. 2009, oct. Pathogenesis of Chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian declines. *Science*, 326(5952): 582–585.

Young, B.; K. Lips; J. Reaser; R. Ibáñez; A. Salas; J. Cedeño. 2001, oct. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology*, 15(5): 1213–1223.

APÉNDICES

Apéndice I. Coordenadas de las vertientes y transectos realizados en Salar de Ascotán.

Punto	Datum WGS84 UTM 19S	
	Coordenada UTM Este	Coordenada UTM Norte
v01t1	577417	7627860
v01t2	577401	7627857
v01t3	577385	7627839
v02t1	576968	7623577
v02t2	576939	7623592
v02t3	576857	7623557
v03t1	576927	7623307
v03t2	576891	7623307
v03t3	576872	7623309
v04t1	576908	7622961
v04t2	576895	7622967
v04t3	576883	7622977
v05t1	576946	7622739
v05t2	576845	7622652
v05t3	576813	7622595
v06t1	576963	7622517
v06t2	576944	7622511
v06t3	576915	7622485
v07t1	576456	7618574
v07t2	576419	7618586
v07t3	576386	7618604
v08t1	578291	7615015
v08t2	578255	7615011
v08t3	578102	7614996
v09t1	577599	7610935
v09t2	577549	7611001
v09t3	577491	7611060
v10t1	577601	7610203
v10t2	577605	7610231
v10t3	577592	7610235
v11t1	581218	7601558
v11t2	581196	7601636

v=vertiente y t= número de transecto en vertiente.

Apéndice II. Parámetros fisicoquímicos y de hábitat (promedio ± error estándar) de las vertientes en el Salar de Ascotán, promedio de valores para Época Húmeda.

Época Húmeda	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
Dens (ind m ⁻²)	-	0,67 ± 0,35	0,67 ± 0,41	-	0,20 ± 0,20	0,73 ± 0,41	1,00 ± 0,81	-	-	-	0,10 ± 0,10
Temp_agua (°C)	12,23 ± 0,09	14,90 ± 2,85	13,03 ± 1,07	10,83 ± 1,53	13,57 ± 1,16	11,80 ± 2,24	16,10 ± 1,24	17,13 ± 0,23	17,70 ± 2,61	19,57 ± 1,66	23,50
Temp_amb (°C)	10,27 ± 0,09	14,53 ± 0,43	11,47 ± 0,43	12,37 ± 0,29	11,57 ± 0,50	10,33 ± 0,47	10,20 ± 1,56	17,20 ± 0,85	13,70 ± 1,04	15,00 ± 0,72	16,10
Ox (mg L ⁻¹)	6,21 ± 0,49	7,24 ± 0,94	10,61 ± 1,70	7,81 ± 0,18	11,55 ± 1,15	7,69 ± 0,37	12,19 ± 2,19	9,55 ± 0,80	5,05 ± 1,83	7,68 ± 1,34	12,50
pH	7,65 ± 0,03	8,72 ± 0,32	8,60 ± 0,13	8,53 ± 0,42	8,38 ± 0,08	8,23 ± 0,22	8,18 ± 0,13	8,38 ± 0,33	7,82 ± 0,46	7,33 ± 0,21	7,85
EC (mS cm ⁻¹)	9,04 ± 0,21	3,39 ± 0,37	2,89 ± 0,14	2,90 ± 0,09	2,90 ± 0,02	2,98 ± 0,06	2,88 ± 0,03	2,80 ± 0,02	4,50 ± 0,15	4,52 ± 0,06	3,63
SDT (m L ⁻¹)	4,52 ± 0,10	1,72 ± 0,21	1,77 ± 0,28	1,47 ± 0,04	1,46 ± 0,02	1,50 ± 0,03	1,44 ± 0,02	1,40 ± 0,01	2,25 ± 0,08	2,26 ± 0,03	1,81
Turbidez (NTU)	0,86 ± 0,29	3,14 ± 1,23	9,79 ± 6,63	3,01 ± 1,63	2,58 ± 1,23	2,74 ± 2,10	0,73 ± 0,25	7,65 ± 4,61	2,77 ± 2,59	6,40 ± 6,14	3,16
Cob_veg_terr (%)	43,33 ± 29,63	85,00 ± 10,41	81,67 ± 13,64	68,33 ± 6,01	41,67 ± 9,28	73,33 ± 14,53	65,00 ± 22,91	66,67 ± 6,67	78,33 ± 14,81	70,00 ± 13,23	62,50 ± 37,50
Cob_veg_agua (%)	29,61 ± 17,70	50,61 ± 14,38	51,67 ± 28,92	54,39 ± 25,58	36,06 ± 20,32	51,67 ± 24,21	45,83 ± 23,20	70,55 ± 21,65	37,22 ± 31,40	76,39 ± 23,61	19,58 ± 13,75
Prof (cm)	10,00 ± 2,89	33,33 ± 6,67	33,33 ± 13,33	40,00 ± 20,82	53,33 ± 21,86	27,67 ± 6,23	56,67 ± 14,53	45,00 ± 7,64	35,00 ± 15,00	38,33 ± 14,81	32,50 ± 17,50
Alto_ref (cm)	4,56 ± 2,28	30,83 ± 8,21	14,00 ± 6,66	9,44 ± 9,44	13,50 ± 6,87	16,67 ± 8,82	40,00 ± 5,77	16,94 ± 3,92	27,80 ± 12,35	20,50 ± 8,98	4,00 ± 4,00
Largo_ref (cm)	16,64 ± 9,16	21,83 ± 3,42	19,94 ± 8,96	12,78 ± 12,78	19,00 ± 9,54	26,67 ± 13,33	31,94 ± 2,27	24,78 ± 2,60	32,87 ± 9,77	22,47 ± 6,49	3,50 ± 3,50

Dens: Densidad de *Telmatobius*; Temp_agua: Temperatura del agua; Temp_amb: Temperatura ambiental; Ox: Oxígeno disuelto; EC: Conductividad eléctrica; SDT: Sólidos disueltos totales; Cob_veg_terr: Cobertura de vegetación terrestre; Cob_veg_agua: Cobertura vegetación acuática; Prof: Profundidad del cuerpo de agua; Alto_ref: Alto de refugio; Larg_ref: Largo de refugio.

Apéndice III. Parámetros fisicoquímicos y de hábitat (promedio ± error estándar) de las vertientes en el Salar de Ascotán, promedio de valores para Época Seca.

Época Seca	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
Dens (ind m ⁻²)	-	1,07 ± 0,79	0,40 ± 0,12	-	3,20 ± 2,04	1,20 ± 0,69	2,07 ± 1,78	-	-	-	0,40 ± 0,40
Temp_agua (°C)	11,75 ± 0,45	19,87 ± 0,69	17,80 ± 0,90	18,90 ± 0,97	25,50 ± 2,17	15,63 ± 0,33	19,20 ± 0,85	17,40 ± 4,37	20,93 ± 1,12	22,67 ± 1,76	29,20
Temp_amb (°C)	16,05 ± 0,04	16,30 ± 0,51	7,90 ± 2,07	13,57 ± 1,16	17,90 ± 0,79	14,77 ± 0,94	23,00 ± 2,56	9,70 ± 1,31	13,93 ± 0,71	17,53 ± 1,12	22,10
Ox (mg L ⁻¹)	5,83 ± 0,02	8,78 ± 1,22	7,63 ± 1,28	7,62 ± 1,32	7,51 ± 0,27	8,10 ± 0,21	6,41 ± 0,27	6,64 ± 0,10	8,19 ± 1,90	10,37 ± 0,90	10,73
pH	6,38 ± 0,85	8,33 ± 0,22	8,07 ± 0,22	8,15 ± 0,24	8,44 ± 0,22	8,30 ± 0,17	7,97 ± 0,10	8,32 ± 0,23	8,15 ± 0,37	8,30 ± 0,45	8,32
EC (mS cm ⁻¹)	10,91 ± 0,15	3,61 ± 0,14	3,23 ± 0,04	3,07 ± 0,07	3,10 ± 0,04	3,40 ± 0,05	3,29 ± 0,09	3,19 ± 0,08	4,74 ± 0,32	5,77 ± 0,49	2,06
SDT (m L ⁻¹)	6,58 ± 0,76	1,72 ± 0,11	1,63 ± 0,04	1,53 ± 0,03	1,55 ± 0,02	1,71 ± 0,02	1,65 ± 0,05	1,59 ± 0,04	2,37 ± 0,16	2,89 ± 0,26	1,02
Turbidez (NTU)	0,64 ± 0,52	2,14 ± 1,17	1,11 ± 0,31	4,97 ± 2,35	1,43 ± 0,83	16,41 ± 9,51	4,54 ± 2,10	2,45 ± 0,91	2,88 ± 1,18	5,83 ± 2,67	0,66
Cob_veg_terr (%)	33,00 ± 28,62	90,00 ± 0,00	70,00 ± 5,77	80,00 ± 11,55	76,67 ± 3,33	70,00 ± 10,00	56,67 ± 23,33	66,67 ± 6,67	56,67 ± 21,86	58,33 ± 14,81	62,50 ± 37,50
Cob_veg_agua (%)	36,33 ± 13,67	80,00 ± 15,28	38,33 ± 22,05	40,00 ± 20,82	60,00 ± 26,46	56,67 ± 24,04	83,33 ± 3,33	63,33 ± 31,80	46,67 ± 27,28	56,67 ± 23,33	42,92 ± 37,08
Prof (cm)	10,00 ± 2,89	33,33 ± 6,67	33,33 ± 13,33	40,00 ± 20,82	53,33 ± 21,86	36,67 ± 8,82	56,67 ± 14,53	43,33 ± 8,82	25,00 ± 17,56	33,33 ± 18,56	37,50 ± 22,50
Alto_ref (cm)	5,67 ± 2,96	24,17 ± 4,17	12,50 ± 1,44	15,17 ± 5,33	21,44 ± 10,74	19,50 ± 7,09	24,44 ± 4,01	7,52 ± 1,27	12,11 ± 8,96	4,56 ± 2,28	3,33 ± 3,33
Largo_ref (cm)	6,67 ± 4,81	27,33 ± 11,85	10,17 ± 4,19	16,17 ± 5,60	19,51 ± 9,77	23,58 ± 10,62	33,06 ± 2,65	15,79 ± 7,20	36,11 ± 27,51	10,93 ± 0,52	3,42 ± 3,42

Dens: Densidad de *Telmatobius*; Temp_agua: Temperatura del agua; Temp_amb: Temperatura ambiental; Ox: Oxígeno disuelto; EC: Conductividad eléctrica; SDT: Sólidos disueltos totales; Cob_veg_terr: Cobertura de vegetación terrestre; Cob_veg_agua: Cobertura vegetación acuática; Prof: Profundidad del cuerpo de agua; Alto_ref: Alto de refugio; Larg_ref: Largo de refugio.

Apéndice IV. Tallas registradas (promedio ± error estándar) como Peso (gr), Longitud Hocico Cloaca LHC (mm) e Índice de Condición Corporal ICC, por época, vertiente y sexo. N=número de individuos, t=prueba T de Student y P=valor de significancia.

Vertiente	Época	N	Peso (g)				LHC (mm)				ICC			
			Hembras	Machos	t	P	Hembras	Machos	t	P	Hembras	Machos	t	P
2	Húmeda	10	23,67± 1,33	19,43± 1,64	1,56	0,16	57,33± 2,19	51,29± 0,29	2,74	0,11	0,05± 0,01	0,06± 0,03	-0,18	0,86
	Seca	13	20,86± 3,60	14,33± 0,42	1,8	0,12	58,29± 3,93	51,50± 1,09	1,67	0,14	-0,04± 0,03	-0,06± 0,02	0,53	0,6
3	Húmeda	10	20,50± 2,05	17,75± 1,93	0,92	0,38	52,17± 2,87	49,50± 2,85	0,63	0,54	0,08± 0,01	0,06± 0,01	1,01	0,34
	Seca	3	18,50± 9,19	21,00			55,50± 13,44	55,00			-0,04± 0,00	0,04		
5	Húmeda	3		14,00± 1,15				50,33± 0,88				-0,05± 0,02		
	Seca	48	16,15± 1,85	13,38± 0,54	1,44	0,16	49,48± 1,72	47,81± 0,78	0,89	0,38	0,00± 0,01	-0,03± 0,02	1,17	0,24
6	Húmeda	10	19,20± 2,63	14,60± 1,17	1,6	0,15	55,00± 3,70	49,20± 1,36	1,47	0,18	-0,01± 0,02	-0,02± 0,01	0,45	0,66
	Seca	17	25,00± 4,31	17,82± 0,63	1,65	0,16	56,33± 3,80	49,09± 0,69	1,87	0,12	0,07± 0,03	0,07± 0,02	-0,01	0,99
7	Húmeda	15	12,45± 0,71	12,25± 1,03	0,15	0,88	47,27± 1,34	49,75± 1,55	-1,02	0,32	-0,05± 0,02	-0,10± 0,02	1,59	0,13
	Seca	31	16,00± 0,43	15,78± 0,60	0,29	0,78	49,55± 0,82	50,78± 0,46	-1,31	0,2	0,02± 0,01	-0,01± 0,02	1,45	0,15
11	Seca	4	13,75± 3,54				49,25± 4,64							

Apéndice V. Parámetros fisicoquímicos y de hábitat (promedio ± error estándar) por transecto de las vertientes con presencia de anfibios, H=prueba de Kruskal-Wallis y P=valor de significancia.

Época Transecto	Húmeda					Seca				
	TI	TII	TIII	H	P	TI	TII	TIII	H	P
Dens (ind m ⁻²)	0,52 ± 0,15	1,32 ± 0,41	0,12 ± 0,12	5,51	0,05	3,20 ± 1,33	1,32 ± 0,56	0,24 ± 0,15	4,75	0,09
Temp_agua (°C)	16,10 ± 1,16	14,80 ± 0,61	10,74 ± 1,09	7,44	0,02	19,10 ± 1,05	19,80 ± 1,88	19,90 ± 2,33	0,06	0,97
Temp_amb (°C)	12,06 ± 0,98	11,68 ± 0,82	11,12 ± 1,03	0,2	0,91	15,58 ± 1,24	16,48 ± 2,82	15,86 ± 3,49	0,06	0,97
Ox (mg L ⁻¹)	10,77 ± 1,46	9,86 ± 1,17	8,94 ± 1,47	0,86	0,65	6,78 ± 0,45	8,36 ± 0,77	7,91 ± 0,57	3,86	0,15
pH	8,25 ± 0,11	8,40 ± 0,15	8,62 ± 0,19	2,66	0,26	7,94 ± 0,08	8,29 ± 0,15	8,44 ± 0,13	5,74	0,06
EC (mS cm ⁻¹)	2,92 ± 0,06	2,98 ± 0,08	3,13 ± 0,25	0,76	0,68	3,28 ± 0,11	3,26 ± 0,06	3,43 ± 0,11	1,94	0,38
SDT (m L ⁻¹)	1,47 ± 0,03	1,49 ± 0,04	1,77 ± 0,18	2,35	0,31	1,59 ± 0,02	1,64 ± 0,04	1,72 ± 0,06	4,52	0,10
Turbidez (NTU)	2,61 ± 0,95	2,04 ± 0,76	6,74 ± 4,24	0,32	0,85	3,73 ± 1,82	2,27 ± 1,00	9,38 ± 6,53	1,01	0,60
Cob_veg_terr (%)	73,00 ± 11,68	74,00 ± 8,12	61,00 ± 16,91	0,32	0,85	82,00 ± 6,63	74,00 ± 6,78	62,00 ± 12,41	1,82	0,39
Cob_veg_agua (%)	89,20 ± 5,19	34,67 ± 5,52	17,63 ± 6,67	10,22	0,01	92,00 ± 3,74	68,00 ± 10,20	31,00 ± 14,70	8,88	0,01
Prof (cm)	54,60 ± 10,30	48,00 ± 10,20	20,00 ± 3,16	7,15	0,03	60,00 ± 7,07	48,00 ± 10,20	20,00 ± 3,16	8,26	0,01
Alto_ref (cm)	30,00 ± 4,68	25,60 ± 3,85	13,40 ± 9,57	3,44	0,18	26,00 ± 3,39	24,70 ± 3,65	10,53 ± 3,60	6,46	0,04
Largo_ref (cm)	33,00 ± 2,55	29,33 ± 3,33	9,30 ± 5,31	7,12	0,03	29,98 ± 6,42	29,14 ± 4,39	9,07 ± 5,08	5,72	0,06

Dens: Densidad de *Telmatobius*; Temp_agua: Temperatura del agua; Temp_amb: Temperatura ambiental; Ox: Oxígeno disuelto; EC: Conductividad eléctrica; SDT: Sólidos disueltos totales; Cob_veg_terr: Cobertura de vegetación terrestre; Cob_veg_agua: Cobertura vegetación acuática; Prof: Profundidad del cuerpo de agua; Alto_ref: Alto de refugio; Larg_ref: Largo de refugio.