



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA RANA DE PHILIPPI *Telmatobius philippii* (CUEVAS Y FORMAS, 2002), UNA ESPECIE EN PELIGRO CRÍTICO DEL NORTE DE CHILE

Jesús Hernán Cornejo Campos

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

PROFESOR GUÍA: GABRIEL LOBOS V.
Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad

Estudio básico diagnóstico y conservación de los anfibios altoandinos de la Región de Antofagasta.
IDI N°40020692-0
Gobierno Regional de la Región de Antofagasta

SANTIAGO, CHILE
AÑO 2022



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA RANA DE PHILIPPI *Telmatobius philippii* (CUEVAS Y FORMAS, 2002), UNA ESPECIE EN PELIGRO CRÍTICO DEL NORTE DE CHILE

Jesús Hernán Cornejo Campos

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

Nota Final:

Profesor Guía: Gabriel Antonio Lobos Villalobos Firma:

Profesor Corrector: André Víctor Rubio Carrasco Firma:

Profesor Corrector: Rigoberto Antonio Solís Muñoz Firma:

SANTIAGO, CHILE
AÑO 2022

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de esta memoria de título fue posible gracias a un gran número de personas que participaron y estuvieron conmigo durante mi proceso de formación profesional. Por esto, quiero entregar mi más sinceros agradecimientos:

A mi profesor guía, Gabriel Lobos, por la oportunidad de trabajar en este proyecto, sus enseñanzas, consejos y formación que me ha entregado en el área de la herpetología y conservación de fauna silvestre.

A mis profesores correctores, André Rubio y Rigoberto Solís, por sus recomendaciones y gran apoyo que me entregaron durante el desarrollo de esta memoria.

A Nicolas Rebolledo, por las enseñanzas que me entregó en el trabajo en terreno y su contribución en las actividades de esta investigación.

A los académicos, Claudio Azat, Pablo Fibla, Paola Sáez y Marco Méndez por su trabajo en las actividades que permitieron el desarrollo de esta memoria.

Al Fondo Nacional de Desarrollo Regional del Gobierno regional de Antofagasta, por el financiamiento que hizo posible este trabajo.

Al profesor Pedro Cattán, por las enseñanzas y apoyo personal que me entregó durante mi periodo de estudiante, que posibilitaron mi desempeño en el área de estudio de la fauna silvestre. A las profesoras Valeria Rojas y Constanza Cabello por su entrega de conocimientos y oportunidades que profundizaron mi interés en este campo.

Al equipo de Ecodiversidad Consultores, Alejandra Alzamora, Hugo Salinas, Gianina Tapia y Juan Carlos Trujillo, por sus consejos, enseñanzas y gran apoyo profesional.

A mi madre, Elsa Campos, por ser quien formó integralmente la persona quien soy, entregándome con amor y paciencia las enseñanzas para desenvolverme en vida personal y en el ámbito académico. Por enseñarme que la mente se cultiva y que nunca hay que dejar de

reflexionar. Por transmitirme el amor, apreciación, y curiosidad por la naturaleza, los animales y especialmente por los anfibios.

A mi Padre, Hernán Cornejo, por formarme como persona, enseñándome sobre responsabilidad y compromiso, por entregarme las oportunidades de poder dedicarme a lo que me gusta y transmitirme sus experiencias en el camino del mundo académico. Por enseñarme a disfrutar del estudio e interesarme en las matemáticas como si fueran un juego.

A mi hermana, Pamela Cornejo, por ser una gran compañera y amiga durante toda mi vida. Quien vivió primero las etapas y me entregó sus saberes adquiridos gracias a la experiencia. Una gran persona, profesional y artista, de quien recibo enseñanzas y apoyo día a día.

A mi tía, Gioconda Campos, por el apoyo, preocupación, cariño y aprendizajes que siempre me ha entregado desde mi nacimiento.

A mi primo, Jorge Campos, por enseñarme desde su experiencia a desenvolverme en la sociedad, por sus consejos, oportunidades y transmitirme conocimientos que ha adquirido en su trayectoria académica.

A mis amigos y compañeros de universidad, con quienes compartí y entendí lo que es el apoyo entre colegas, gracias por construir esa gran comunidad de la que pude ser parte. Agradezco especialmente, por su gran apoyo académico en momentos importantes de mi carrera, a Ninoska Inostroza, José Calvert, Constanza Allendes, Valentina Valdés, Bárbara Soto, Alfredo Sepúlveda, Pedro Obieta, Ayleen Olea, Karla Pacheco, Joaquín Gamboa, David Reyes, Javier Valdés y Bárbara Torres.

A mis abuelos, tíos, primos, y amigos que son parte de mi vida, por todo lo entregado y el gran apoyo que he recibido por parte de ellos, a quienes les agradeceré personalmente.

Esta memoria de título está dedicada a todos los anfibios del mundo, de los cuales queda mucho por estudiar, comprender y conservar.

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

RESUMEN	v
SUMMARY.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
<i>Género Telmatobius</i>	2
Antecedentes ecológicos de <i>Telmatobius philippii</i>	4
Estudio de dieta en anfibios.....	5
HIPÓTESIS	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
Área de estudio	9
Metodología de captura	9
Obtención de variables biométricas y sexaje.....	10
Identificación y cuantificación de las presas presentes en la dieta	10
Evaluación de disponibilidad de presas presentes en el microhábitat	11
RESULTADOS	14
Identificación y cuantificación de las presas presentes en la dieta de <i>Telmatobius philippii</i> en las distintas épocas del año	14
Evaluación de la disponibilidad de presas en el microhábitat de <i>Telmatobius philippii</i> y su relación con las frecuencias de las presas presentes en su dieta en las distintas épocas del año.....	17

Evaluación de la condición corporal, amplitud del nicho trófico y sobreposición de nichos entre las distintas épocas del año en <i>Telmatobius philippii</i>	18
Relación entre el volumen de presas consumido y las variables biométricas de los individuos de <i>Telmatobius philippii</i> , de acuerdo a sexo y época del año	20
DISCUSIÓN	22
Identificación y cuantificación de las presas presentes en la dieta de <i>Telmatobius philippii</i> en las distintas épocas del año	22
Evaluación de la disponibilidad de presas en el microhábitat de <i>Telmatobius philippii</i> y su relación con las frecuencias de las presas presentes en su dieta en las distintas épocas del año.....	24
Evaluación de la condición corporal, amplitud del nicho trófico y sobreposición de nichos entre las distintas épocas del año en <i>Telmatobius philippii</i>	25
Relación entre el volumen de presas consumido y las variables biométricas de los individuos de <i>Telmatobius philippii</i> , de acuerdo a sexo y época del año	26
CONCLUSIÓN.....	27
BIBLIOGRAFÍA	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de porcentaje numérico (%N), frecuencias de ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa expresada en porcentaje (%IRI) de todas las categorías de presas observadas. En negrita se destacan las categorías registraron mayores valores de IRI durante todas las campañas.....	15
Tabla 2: Valores promedio (μ) y desviación estándar ($\pm\sigma$) del Largo Hocico Cloaca, Peso e Índice de Condición Corporal por sexo y época del año.	18
Tabla 3: Modelo Lineal Generalizado (GLM) seleccionado.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Hábitat de <i>Telmatobius philippii</i> , estero de Amincha.	9
Figura 2: Porcentaje numérico (%N) de las categorías de presas observadas en las distintas épocas del año.	15
Figura 3: Porcentaje numérico de la oferta ambiental (%E) de las categorías de presas observadas en las épocas estudiadas entre 2021 y 2022.	18
Figura 4: Valores de índice de Pianka observados, valores obtenidos con el método de bootstrapping y los intervalos de confianza del 95% (IC 95%) obtenidos entre todas las épocas estudiadas.	20
Figura 5: Relación entre el Largo Hocico Cloaca y el Peso de los individuos (n=54).	20
Figura 6: Relación entre el Volumen consumido (mm ³) con el LHC, Sexo y Época (n=54).	21

RESUMEN

La rana de Philippi *Telmatobius philippii* Cuevas y Formas, 2002, es una especie de anuro endémica de Chile, cuya localidad tipo corresponde al estero de Amincha (Región de Antofagasta). Está categorizada en Peligro Crítico (CR) según los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y se desconoce la mayor parte de su historia natural. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la ecología trófica de esta especie, por medio del estudio de su dieta en distintas épocas del año. Se realizaron cuatro campañas de muestreo durante los años 2021 al 2022. Se obtuvieron datos biométricos y se recolectaron muestras del contenido estomacal de 57 individuos, por medio de la técnica “Stomach flushing”, además se obtuvieron muestras de la oferta ambiental de presas. Los resultados indican que este anuro es un depredador selectivo, mostrando una baja amplitud de nicho y una dieta compuesta por invertebrados bentónicos, siendo los pertenecientes a las familias Hyalellidae, Elmidae, Chironomidae, Simuliidae y Baetidae las presas principales. Al comparar los resultados de las distintas épocas estudiadas, se encontró una alta sobreposición de nichos y no se observaron diferencias significativas en la condición corporal de los anuros. No se identificó una relación entre volumen total de presas consumido por los individuos y su biometría, sexo o la época del año en la que se encontraban. Estos antecedentes son importantes para la elaboración de futuros planes de conservación de esta especie, donde sus hábitos especialistas a nivel de dieta permiten comprender su mayor susceptibilidad a procesos de extinción.

Palabras clave: Anuro, *Telmatobius philippii*, Ecología trófica.

SUMMARY

Philippi's frog *Telmatobius philippii* Cuevas and Formas, 2002, is an anuran species endemic to Chile, whose type locality corresponds to the Amincha stream (Antofagasta administrative region). It is categorized as Critically Endangered (CR) according to the criteria of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) and most of its natural history is unknown. The objective of this study was to evaluate the trophic ecology of this species in different seasons of the year. Four sampling campaigns were carried out during the years 2021 to 2022. Biometric data were obtained and samples of stomach contents were collected from 57 individuals, using the "Stomach flushing" technique, and were also obtained samples of the environmental supply of prey. The results show that this anuran was a selective predator, showing a low niche breadth and a diet composed of benthic invertebrates, being those belonging to the families Hyalellidae, Elmidae, Chironomidae, Simuliidae and Baetidae as the main prey. When comparing the results of the different seasons studied, a high niche overlap was found and no significant differences were observed in the body condition of the anurans. No relationship was identified between total volume of prey consumed by individuals and their biometry, sex or the season of the year in which they were collected. This information is important for the development of future conservation plans for this species, where its specialized dietary habits allow us to understand its greater susceptibility to extinction processes.

Key words: Anura, *Telmatobius philippii*, Trophic Ecology

INTRODUCCIÓN

Los ambientes acuáticos altoandinos, entre Ecuador y el Norte de Chile, son el hábitat de 61 especies de anuros del género *Telmatobius* Weigmann, 1984 (Frost, 2021). Las especies se distribuyen en un rango que abarca alturas entre los 1000 a 5200 msnm, donde parte importante de su historia natural es desconocida (Lobos *et al.*, 2018) y su taxonomía aún presenta una alta inestabilidad (Frost, 2021).

En Chile se reconocen siete especies de este género, de las cuales tres están clasificadas como en Peligro Crítico según los criterios del Reglamento de Clasificación de Especies RCE (MMA, 2020) y de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2021). Lo anterior, debido principalmente a amenazas de origen antrópicas, ligadas en su mayoría a las actividades mineras, agrícolas y turísticas (Méndez y Vila, 2020). Dentro de este grupo se encuentra *Telmatobius philippii* (Cuevas y Formas, 2002), especie descrita para la localidad de Amincha (comuna de Ollagüe, Región de Antofagasta), la cual tiene un hábitat restringido y amenazado.

Uno de los aspectos centrales para entender la historia natural de una especie, son sus hábitos alimentarios y su consumo de energía, lo que es parte de la denominada “Ecología Trófica” (Garvey y Whiles, 2016). Esta información, es parte relevante para las propuestas de conservación de las especies (Watson *et al.*, 2017a).

La presente Memoria de Título, tiene como finalidad entregar antecedentes de la ecología trófica de *Telmatobius philippii*, por medio del análisis de la composición de su dieta en diferentes temporadas del año, evaluando la relación con la oferta ambiental de las presas disponibles, el sexo y las variables biométricas de los individuos de esta especie.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Género *Telmatobius*

Los anfibios pertenecientes al género *Telmatobius* están distribuidos en los ambientes acuáticos de los Andes, desde los 5° a los 27° de latitud sur, abarcando desde Ecuador al norte de Chile y Argentina (Frost, 2021). Se han descrito 61 especies (Frost, 2021), las cuales se distribuyen desde los 1000 a los 5200 msnm, concentrándose su mayor diversidad entre los 3000 y 4000 msnm (Barrionuevo, 2017).

Estas especies habitan en arroyos, fuentes termales, lagos y humedales asociados a salares (Barrionuevo, 2017; Lobos *et al.*, 2018). Complejos procesos geológicos y climáticos modelaron estos ambientes en los Andes. Durante el periodo cuaternario, se produjeron fases de mayor y menor humedad, formándose una sucesión de paleolagos de gran extensión, amplios salares y cuencas fragmentadas (Guerrero-Jimenez *et al.*, 2017). Sumado a esto, entre el Plioceno y Pleistoceno se desarrolló la mayor elevación del altiplano andino, lo que contribuyó en un aumento de diversidad de especies en estos ambientes (Victoriano *et al.*, 2015). Se sugiere que, durante el Pleistoceno, el género *Telmatobius* sufrió un proceso de especiación alopátrica vicariante, el cual resultó en las especies descritas al día de hoy (Sáez *et al.*, 2014).

Se registran altos niveles de variación intraespecífica y bajos niveles de variación interespecífica dentro de este grupo, por lo que su taxonomía ha sido tema de amplia discusión (Barrionuevo, 2017). En este contexto, estudios moleculares han sido relevantes para desarrollar la sistemática de este género (Sáez *et al.*, 2014; Fibla *et al.*, 2017). Sin embargo, todavía no existen claras delimitaciones, por lo que es necesaria una aproximación más integradora para resolver los desafíos taxonómicos (Von Tschirnhaus y Correa, 2021).

Gran parte de la historia natural y aspectos ecológicos de estos anfibios son desconocidos (Lobos *et al.*, 2018). La mayoría de las especies de este género presentan hábitos principalmente acuáticos, sobre todo las que viven a mayores alturas (Barrionuevo, 2017),

permitiéndoles amortiguar los efectos de las fluctuaciones de temperatura en los ambientes extremos de los Andes (Reider *et al.*, 2020). Existen especies que habitan grandes lagos, como *Telmatobius macrostomus* (Peters, 1873) (Watson *et al.*, 2017b) y *Telmatobius culeus* (Garman, 1876) (Ramos *et al.*, 2019); y otras que habitan acotados ambientes lenticos, como *Telmatobius cf. philippii* (Lobos *et al.*, 2018); y también lóticos, como *Telmatobius dankoi*, actualmente reconocida como *Telmatobius halli* Noble, 1938 (Lobos *et al.*, 2016; Von Tschirnhaus y Correa, 2021). En general, aunque existen especies de amplia distribución, estas presentan hábitats restringidos a los humedales donde ellas habitan (Lobos, 2020).

Con respecto a los parámetros físicos de sus microhábitats, se registra por ejemplo que los valores de pH son generalmente alcalinos (entre 7,0 y 9,0) y presentan una alta oxigenación (entre 4 y 13 mg/L) (Lobos *et al.*, 2016; Watson *et al.*, 2017b; Lobos *et al.*, 2018; Ramos *et al.*, 2019; Lobos *et al.*, 2021). La mayoría de las especies del norte chileno, presentan una alta tolerancia a ambientes salinos (expresado en términos de conductividad eléctrica), en comparación a otros géneros (Lobos *et al.*, 2021). Un ejemplo, lo constituye el microhábitat de *T. halli* (referido hasta hace poco tiempo a *T. dankoi* de la localidad de las Cascadas) donde se reportaron valores de conductividad eléctrica de 5.11 a 6.75 mS cm⁻¹ (Lobos *et al.*, 2016).

Actualmente en Chile se reconocen siete especies, cinco de ellas son endémicas y dos sólo se conocen en su localidad tipo (Frost, 2021). En la lista roja de especies de la IUCN (2021) tres especies están clasificadas como en Peligro Crítico, dos En Peligro, una Vulnerable y una con Datos Deficientes. Por otro lado, según el RCE (2020) del Ministerio de Medio Ambiente de Chile, tres especies fueron clasificadas en Peligro Crítico, tres En Peligro y una Vulnerable. Como principales amenazas se han identificado a las actividades mineras, agrícolas y turísticas. Esto debido principalmente al impacto que tienen en su hábitat, ya que estas actividades incluyen fragmentación de hábitat, extracción de agua y contaminación con productos tóxicos (Méndez y Vila, 2020).

La quitridiomicosis, enfermedad infecciosa producida por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, también es una amenaza para estos anfibios, estando presente en individuos de la especie *Telmatobius marmoratus* (Duméril y Bibron, 1841) y *Telmatobius peruvianus* Wiegmann, 1835 (Solís *et al.*, 2015). Al ser especies que presentan hábitos acuáticos, y que además se sugiere que tienen un largo periodo de desarrollo larvario, son vulnerables a esta infección (Catenazzi *et al.*, 2013).

Otro potencial peligro, es la introducción de especies exóticas en sus hábitats, como es el caso del salmónido *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), la cual es una especie que ha invadido distintos hábitats en el norte de Chile y es depredadora de anfibios (Lobos *et al.*, 2020).

Antecedentes ecológicos de *Telmatobius philippii*

Dentro de las especies del género *Telmatobius* que están categorizadas en peligro crítico, se encuentra *Telmatobius philippii*, descrita por Cuevas y Formas en el año 2002. Saez *et al.* (2014) categorizaron a esta especie dentro un clado taxonómico denominado “grupo *Telmatobius hintoni*”, junto con *T. hintoni* Parker, 1940, *T. fronteriensis* Benavides *et al.*, 2002, *T. huarya* Lavilla y Ergueta-Sandoval, 1995, y dos poblaciones reconocidas como *T. cf. philippii*, que habitan el Salar de Ascotán y el Salar de Carcote.

Esta especie fue descrita en la Quebrada de Amincha, su localidad tipo, y en la Quebrada del Inca (Cuevas y Formas, 2002). Las dos localidades se encuentran a 1 km de distancia entre ellas y a 5 km de la comuna de Ollagüe, en la provincia de El Loa, dentro de la región andina (Di Castri, 1968). Sin embargo, actualmente la población de la Quebrada del Inca podría estar extinta, debido a que no se ha registrado su presencia en esta localidad hace más de 10 años (Lobos, 2020).

Respecto a los parámetros ambientales de esta zona geográfica, Hajek y di Castri (1975) reportan que en Ollagüe la temperatura promedio anual es de 6.8°C, con una temperatura máxima en diciembre y enero (10.2°C), y la mínima en el mes de Julio (1.9°C). Las

precipitaciones promedio anual es de 70,6 mm, con un mínimo en Octubre (0.0mm) y un máximo en enero (31.8 mm). Cuevas y Formas (2002) describen el microhábitat de los individuos estudiados, los cuales fueron colectados en remansos de arroyos con abundante vegetación, los cuales tenían de 2 a 3 metros de ancho, 30 a 40 centímetros de profundidad y 8 a 10°C de temperatura. Durante este estudio, se midió la temperatura del agua de este arroyo y se obtuvieron valores entre 0.69°C a 19.58°C, en invierno; 0.33°C a 24.63°C, en primavera; 1.83°C a 23.52°C, en verano; y 0.00°C a 17.84°C, en otoño.

Con respecto a su dieta, Cuevas y Formas (2002) mencionan que en el contenido estomacal de un individuo adulto se encontró una larva de mariposa de la familia Noctuidae, y una larva de libélula de la familia Gomphidae.

Estudio de dieta en anfibios

La composición de la dieta de una especie nos permite conocer información sobre su ecología trófica, la cual refiere a la descripción y categorización de grupos de organismos según sus necesidades energéticas y sus modos de captación (Garvey y Whiles, 2016), otorgando información respecto a flujo de energía y las interacciones en la comunidad de las que son parte (Sole y Rödder, 2010). En el caso de los anfibios, en general ocupan una función relevante en los ecosistemas en los cuales habitan, ya que consumen energía de los invertebrados y lo transfieren a niveles tróficos más altos (Burton y Likens, 1975), actuando como depredadores y presas (Pedroso-Santos *et al.*, 2022).

Para el análisis de la dieta de los anfibios, se han utilizado distintos métodos, algunos son letales y otros menos invasivos. Dentro de estos destacan la extracción de estómagos y análisis de su contenido, extracción de contenido estomacal con pinzas en individuos anestesiados, vomito inducido, observaciones *in situ*, y la técnica de lavado gástrico (García-Padrón, 2019). Solé *et al.* (2005) publicaron un protocolo específico para anuros, en este explican cómo utilizar la técnica de lavado gástrico para obtener datos de la dieta, la cual no es letal, no necesita anestesia y no altera el comportamiento de los individuos, aspectos

relevantes para estudiar poblaciones pequeñas y especies en peligro de extinción (Gillespie, 2013). Esta técnica ha mostrado buenos resultados, sin diferencias significativas con los métodos de disección (Wu *et al.*, 2007), y se ha utilizado en numerosos estudios recientes (Park *et al.*, 2018; Lobos *et al.*, 2018; Velasco *et al.*, 2019; Solé *et al.*, 2019; Akmentis y Gaston, 2020; Lobos *et al.*, 2021; Moser *et al.*, 2022),

Obtener información sobre los hábitos de alimentación es fundamental para la conservación y el manejo de especies en peligro, ya que permite determinar los requerimientos que necesitan para su supervivencia (Watson *et al.*, 2017a). En este contexto, un indicador que refleja el consumo de alimento y las reservas energéticas de los individuos es su condición corporal, que también tiene relación con otras variables como la ontogenia, ciclo reproductivo y respuestas al estrés ambiental (Vera-Candioti *et al.*, 2019; Brodeur *et al.*, 2020). Por otro lado, se ha observado que la composición de la dieta y el volumen que consumen los anfibios puede estar influenciada por variables morfológicas, como su talla, peso y el tamaño de su mandíbula (Maneyro *et al.*, 2004; Caldart *et al.*, 2012; Camphinos *et al.*, 2020; Akmentis y Gastón, 2020; Mohanty *et al.*, 2022; Pedroso-Santos *et al.*, 2022); también por su genética (De Oliveira y Haddad, 2015), su ontogenia (Luria-Manzano y Ramírez-Bautista, 2019) y variaciones estacionales (Lopez *et al.*, 2015; Michelin *et al.*, 2020; Pedroso-Santos *et al.*, 2022).

Adicionalmente, una variable relevante en la alimentación de los anfibios es la oferta ambiental de presas. En general, se describe a la mayoría de anfibios como depredadores generalistas, consumiendo las presas de acuerdo a su disponibilidad de su ambiente, las cuales en su mayoría son artrópodos, moluscos, anélidos y hasta pequeños vertebrados (Solé y Rödder, 2010; Mollov y Delev, 2020). Sobre este aspecto, en el género *Telmatobius*, una especie en la que se han observado estos hábitos generalistas, es *T. rubigo* Barrionuevo y Baldo, 2009, de la laguna de Los Pozuelos de Argentina (Akmentis y Gastón, 2020). Sin embargo, en *T. culeus*, rana que habita el Lago Titicaca y lagos de los alrededores en Perú y Bolivia, se observó que seleccionan sus presas (Muñoz, 2018). Caso similar se reportó en *T.*

macrostomus, especie de los Andes centrales de Perú, en la cual los resultados sugieren que tienen hábitos selectivos (Watson *et al.*, 2018a). Y también en especies chilenas, como *T. chusmisensis* Formas *et al.*, 2006, que habita en la localidad de Lirima (Lobos *et al.*, 2021), *T. halli*, del Oasis de Calama (Lobos *et al.*, 2016) y *T. cf. philippii*, del Salar de Ascotán (Lobos *et al.*, 2018), las cuales se describieron como depredadores especialistas, existiendo una independencia entre las presas consumidas y su abundancia en el ambiente.

HIPÓTESIS

De acuerdo a los antecedentes disponibles para algunas especies del género, en este estudio se hipotetiza que *Telmatobius philippii* corresponderá a un consumidor especialista, seleccionando sus presas independientemente de su abundancia en el medio, mostrando una baja fluctuación estacional en el uso de los recursos disponibles y con diferencias en el consumo de acuerdo a su biometría y sexo.

OBJETIVO GENERAL

En esta tesis se evaluará la ecología trófica de *Telmatobius philippii* a través del estudio de la composición de su dieta en su localidad tipo dentro de distintas épocas del año.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar y cuantificar las presas presentes en la dieta de *Telmatobius philippii* en las distintas épocas del año.
2. Evaluar la disponibilidad de presas en el microhábitat de *Telmatobius philippii* y su relación con las frecuencias de las presas presentes en su dieta en las distintas épocas del año.
3. Evaluar atributos tales como la condición corporal, amplitud del nicho trófico y sobreposición de nichos entre las distintas épocas del año en *Telmatobius philippii*.
4. Identificar si existe relación entre el volumen de presas consumido y las variables biométricas de los individuos de *Telmatobius philippii*, de acuerdo a sexo y época del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las actividades de terreno se realizaron en la localidad tipo de la especie, que corresponde al estero Amincha. Este se encuentra aproximadamente a 5 kms del pueblo de Ollagüe, en el altiplano de la región de Antofagasta, a 4010 msnm. En este sector se localiza un arroyo, de 1 a 2 metros de ancho y con una profundidad media de 0.4 metros (Figura 1). En este arroyo, se realizaron recorridos pedestres para realizar la captura de anfibios, mediante el uso de redes de mano o chinguillos. Se realizaron 4 campañas (invierno, primavera, verano, otoño), entre los años 2021 a 2022.



Figura 1: Hábitat de *Telmatobius philippii*, estero de Amincha.

Metodología de captura

En la manipulación de los animales, se adoptó el protocolo propuesto por Lobos y colaboradores (2011). Fueron utilizados guantes de nitrilo desechables para la manipulación directa de los individuos. Durante la toma de muestras, se mantuvieron a los animales en bolsas herméticas tipo ziploc individuales. Antes y después de cada procedimiento, se

desinfectó con una solución virkon 1% el equipamiento quirúrgico e instrumentos utilizados, equipamiento de transporte, contenedores y calzado. Al finalizar la manipulación de los individuos, estos fueron liberados en el sitio de captura. Además, todo el material utilizado fue dispuesto en una bolsa plástica limpia para una posterior desinfección o destrucción en incineradores.

Para las actividades se contó con un permiso de captura emitido por el Servicio Agrícola y Ganadero de Chile N°3290 y un certificado para el uso de animales emitido por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de animales (CICUA) de la Universidad de Chile N°21468-FCS-UCH.

Obtención de variables biométricas y sexaje

En cada una de las campañas de terreno, se registró la masa corporal (g), medida con una pesola (precisión $\pm 0,25$ g); la longitud hocico cloaca (LHC, en mm), medido con un pie de metro (precisión ± 1 mm); y el sexo de todo individuo capturado, en base a la presencia de caracteres secundarios como la presencia de parches nupciales en los machos y la forma del hocico (los machos suelen ser más redondeados).

Identificación y cuantificación de las presas presentes en la dieta

Se obtuvieron los contenidos estomacales de los anuros mediante la técnica del lavado gástrico o “Stomach flushing” (Solé *et al*, 2005). Se introdujo una sonda por vía oral hasta el estómago de cada uno de los individuos y se administraron 5 ml de agua destilada, con la finalidad de producir la expulsión del contenido gástrico. El contenido regurgitado fue almacenado en un tubo Eppendorf con alcohol al 70%, para su posterior análisis. Mediante la visualización bajo una lupa estereoscópica, se identificaron las presas hasta el máximo nivel de identificación taxonómica posible, utilizando las claves taxonómicas publicadas por Domínguez y Fernández (2009). Además, se midió el alto (mm), el ancho (mm) y se calculó el volumen de las presas (V , mm^3) utilizando la ecuación del volumen de la esfera modificada (Barreto-Lima, 2009):

$$V = \frac{3}{4} \pi \cdot \left(\frac{\text{longitud} \cdot \text{ancho}}{2} \right)^2$$

Evaluación de disponibilidad de presas presentes en el microhábitat

Considerando que la historia natural del género en Chile indica que son animales que se alimentan de invertebrados acuáticos (Lobos *et al.*, 2016; Lobos *et al.*, 2018; Lobos *et al.* 2021), se realizó una evaluación de la disponibilidad ambiental de las potenciales presas presentes en el arroyo. Para esto, se obtuvieron muestras de macroinvertebrados con una red Surber, realizando colectas en un área total de 0.09 m dentro del sector donde fueron capturados los anuros (Ramírez, 2010), se realizaron un total de 3 réplicas. Luego, se realizó una identificación taxonómica de las presas bajo una lupa estereoscópica, utilizando las claves taxonómicas publicadas por Domínguez y Fernández (2009).

Análisis estadísticos

Se estimó la importancia relativa de cada categoría en la dieta de los anuros de cada campaña, a través del cálculo de un índice de importancia relativa (IRI) (Pinkas *et al.*, 1971):

$$IRI_i = (\%N_i + \%V_i) * \%FO_i$$

Donde, “%V_i” corresponde al porcentaje de volumen de la categoría *i* en relación al total del volumen de las presas, “%N_i” al porcentaje numérico de la categoría *i* en relación al total de presas, y “%FO_i” a la frecuencia de ocurrencia, que corresponde al porcentaje de anuros que consumieron la categoría de presa *i*.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y el test a posteriori de Tukey utilizando las abundancias numéricas de las principales categorías de presas, con el fin de evaluar si existe una variación estacional en la dieta y en la categoría de presas consumidas. Se comprobó la normalidad y homocedasticidad de los datos con una prueba de Shapiro-Wilk y un Test de Levene respectivamente. Los análisis fueron realizados con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2004), considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Se calculó la relación entre las frecuencias en que las presas están presentes en las muestras de dieta y las frecuencias de sus abundancias en el ambiente, por medio de un Test de Chi-cuadrado modificado (Jaksic, 1979), en el cual la falta de significancia estadística ($p > 0.01$) implica una fuerte relación entre la oferta ambiental de presas y el consumo por parte de los anuros (depredadores generalistas); en caso contrario, la significancia estadística implica una independencia entre la oferta y el consumo (depredadores especialistas).

Para evaluar la condición corporal, primero se calculó para cada individuo (i) un índice de condición corporal (ICC) (Bancila *et al.*, 2010):

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

Donde, donde a es el intercepto estimado, y b la pendiente, de la regresión lineal entre el logaritmo de la masa corporal y el logaritmo del LHC de los individuos de cada campaña. Después, evaluó la variación del ICC de los individuos en relación a la época del año realizando un análisis de varianza (ANOVA) y el test a posteriori de Tukey. Se comprobó la normalidad y homocedasticidad de los datos con una prueba de Shapiro-Wilk y un Test de Levene respectivamente. Los análisis fueron realizados con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2004), considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Se estimó la amplitud de nicho de la dieta en cada estación del año, realizando un cálculo del índice de Levins (1968) (B):

$$B = 1 / \sum p_i^2$$

Donde p_i es la ocurrencia relativa de la categoría de presa i en la dieta.

Con esta información se calculó el índice de Colwell y Futuyma (1971), el cual es una estandarización (B_{STA}) del índice de Levins, el cual permite comparar dietas con diferentes números de categorías de presas:

$$B_{STA} = \frac{(B_{obs} - B_{min})}{(B_{max} - B_{min})}$$

Donde, B_{obs} es el índice de Levins observado; $B_{min}=1$, es el mínimo índice de amplitud de nicho y B_{max} es el máximo índice de amplitud de nicho (la cantidad de categoría de presas consideradas). Su valor varía entre 0 y 1, desde estrecho hasta amplio nicho trófico.

Para analizar el nivel de sobreposición trófica de la dieta en las distintas temporadas, se calculó el índice de Pianka (O)(1963):

$$O_{jk} = \frac{\sum p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{(\sum p_{ij}^2 \sum p_{ik}^2)}}$$

Donde p_{ij} corresponde a la proporción de la categoría de presa i en la temporada j y p_{ik} a la proporción de la categoría de presa i en la temporada k . Este índice abarca un rango desde 0 a 1, siendo 0 el máximo disimilar y 1 el máximo similar.

Por medio del método bootstrap, se obtuvo el índice de Pianka promedio y los intervalos de confianza del 95% de 1000 remuestreos. Para esto fue utilizado el paquete “spaa” disponible en el software R 4.20 (Zhang, 2016; R Core Team, 2022)

Se analizó la correlación del peso y el LHC de los individuos por medio del índice de Pearson. Se comprobó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk. Después fue analizada la relación entre el LHC, sexo y época del año con el volumen de presas total consumido por los individuos. Se realizó una prueba de ajuste de distribución de la variable volumen con el paquete “rriskDistributions” disponible en R (Belgorodski *et al.*, 2017; R Core Team, 2022). Esto permitió realización de un modelo lineal generalizado (GLM), considerando la distribución de la variable dependiente, y fue seleccionado mediante el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de información Bayesiano (BIC). Se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$. Para esto se utilizó el software R 4.20 (R Core Team, 2022).

RESULTADOS

Identificación y cuantificación de las presas presentes en la dieta de *Telmatobius philippii* en las distintas épocas del año

Se analizaron 57 animales adultos (15 en invierno, 18 en primavera, 18 en verano y 6 en otoño), en los cuales se colectaron 495 presas pertenecientes a 22 categorías taxonómicas distintas (9 en invierno, 8 en primavera, 15 en verano y 9 en otoño); las que estuvieron asociadas a elementos vegetales y minerales del sustrato. Se obtuvo la abundancia, la frecuencia de ocurrencia, el volumen de cada categoría y se calculó el Índice de Importancia Relativa (IRI) (Tabla 1). Las categorías de presas más importantes en la dieta fueron Chironomidae, Beatidae y Simuliidae en invierno; Hyalellidae, Elmidae y Beatidae en primavera; Hyalellidae, Elmidae y Simuliidae en verano; Hyalellidae, Chironomidae y Baetidae en otoño. No se evidenció diferencias significativas en el consumo de presas entre las épocas estudiadas ($F_{3,23}=1.52$, $p=0.25$) y tampoco entre las principales categorías consumidas ($F_{5,23}=0.72$, $p=0.62$). Se comprobó la normalidad y la homocedasticidad de los datos (Shapiro-Wilk: $W=0.92$, $p=0.34$; Test de Levene Categorías: $F_{5,23}=1.58$, $p=0.24$; Test de Levene Épocas: $F_{3,23}=2.18$, $p=0.11$).

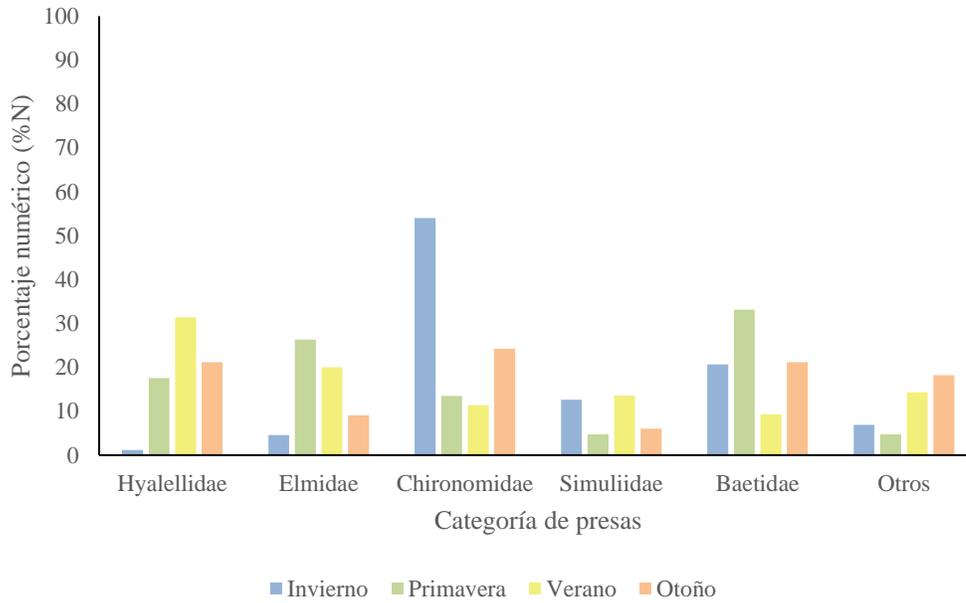


Figura 2: Porcentaje numérico (%N) de las categorías de presas observadas en las distintas épocas del año.

Tabla 1: Valores de porcentaje numérico (%N), frecuencias de ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa expresada en porcentaje (%IRI) de todas las categorías de presas observadas. En negrita se destacan las categorías registraron mayores valores de IRI durante todas las campañas.

Evaluación de la disponibilidad de presas en el microhábitat de *Telmatobius philippii* y su relación con las frecuencias de las presas presentes en su dieta en las distintas épocas del año

Se registró un total de 18 categorías de macroinvertebrados (7 en invierno, 14 en primavera, 10 en verano y 13 en otoño), la Figura 3 muestra el porcentaje numérico de la oferta ambiental de las categorías. Las pruebas de Chi-Cuadrado, para las diferentes épocas del año, mostraron diferencias significativas entre las presas consumidas y la oferta ambiental en invierno ($\chi^2=718.38$, $p<0.01$), primavera ($\chi^2=59.8$, $p<0.01$), verano ($\chi^2=48.02$, $p<0.01$) y en otoño ($\chi^2=148.7$, $p<0.01$). En invierno los anuros seleccionaron principalmente a las presas de la familia Chironomidae, en primavera a las de la familia Baetidae, Elmidae y Hyalellidae; en verano a las de familia Hyalellidae y Simuliidae; y en otoño a las presas de la familia Baetidae y Hyalellidae.

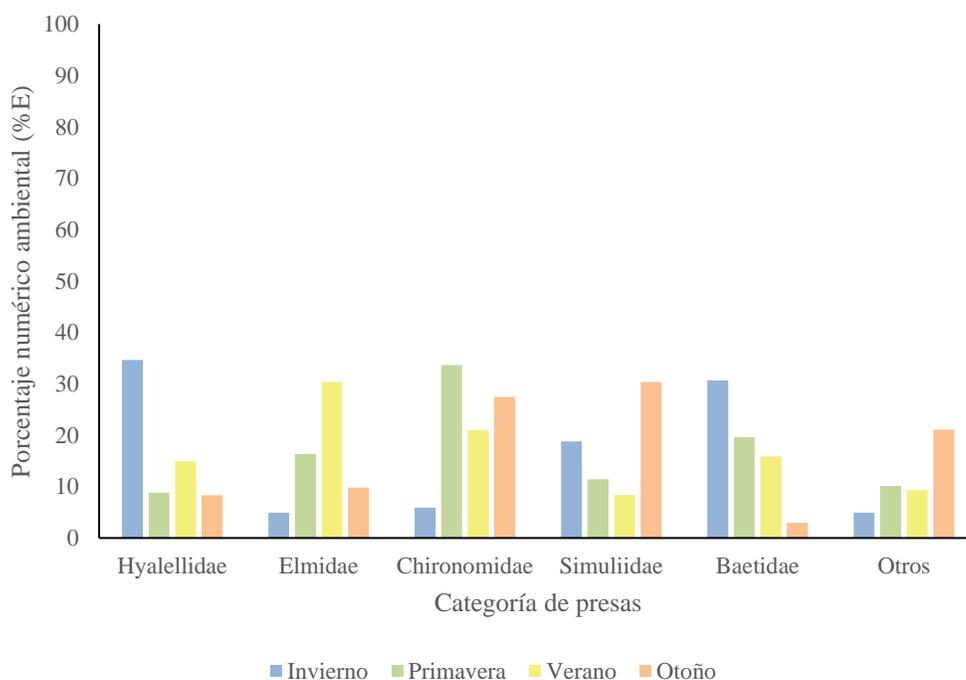


Figura 3: Porcentaje numérico de la oferta ambiental (%E) de las categorías de presas observadas en las épocas estudiadas entre 2021 y 2022.

Evaluación de la condición corporal, amplitud del nicho trófico y sobreposición de nichos entre las distintas épocas del año en *Telmatobius philippii*

En la Tabla 2 se muestran los valores biométricos y de condición corporal obtenidos. Los datos se ajustaron a una distribución normal y hubo homecedasticidad en su distribución (Shapiro-Wilk: $W=0.96$, $p=0.22$; Test de Levene: $F_{3,56}=1.25$, $p=0.30$). No hubo diferencias significativas en el índice de condición corporal (ICC) de los individuos entre las épocas estudiadas ($F_{3,56}=0.01$, $p=0.99$).

Tabla 2: Valores promedio (μ) y desviación estándar ($\pm\sigma$) del Largo Hocico Cloaca, Peso e Índice de Condición Corporal por sexo y época del año.

Épocas	Sexos	LHC ($\mu\pm\sigma$)	Peso ($\mu\pm\sigma$)	ICC ($\mu\pm\sigma$)
Invierno	Macho	52.71 \pm 2.93	14.14 \pm 2.12	0.05 \pm 0.15
	Hembra	51.13 \pm 4.22	12.31 \pm 1.33	-0.05 \pm 0.11
Primavera	Macho	49.60 \pm 5.18	13.55 \pm 4.48	0.03 \pm 0.13
	Hembra	51.38 \pm 6.36	13.94 \pm 4.70	-0.02 \pm 0.14
Verano	Macho	51.67 \pm 3.32	16.33 \pm 3.07	0.09 \pm 0.11
	Hembra	60.33 \pm 10.68	19.06 \pm 10.52	-0.11 \pm 0.21
Otoño	Macho	53.00 \pm 2.45	15.63 \pm 2.71	-0.01 \pm 0.09

Hembra 57.00±1.41 18.75±1.06 0.03±0.00

Los valores del índice de Cowell y Futuyama obtenidos en las cuatro estaciones del año, fueron bajos (Invierno: 0.09; Primavera: 0.16; Verano: 0.24; Otoño: 0.23), indicando que la dieta se sustentó en un bajo uso de recursos tróficos (riqueza y abundancia de los mismos). En relación a la sobreposición de nicho trófico entre las distintas temporadas, se obtuvieron valores del índice de Pianka entre 0.58 y 0.85 (Figura 4), lo que se interpreta como alta similitud en los recursos consumidos entre las diferentes épocas del año, tal como lo muestran también los intervalos de confianza de este parámetro.

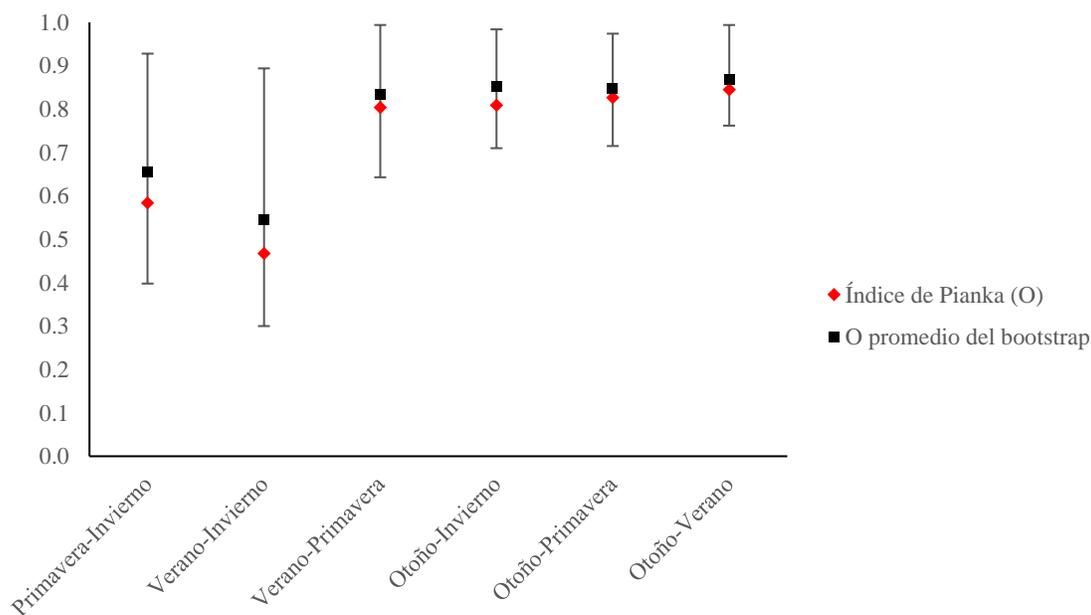


Figura 4: Valores de índice de Pianka observados, valores obtenidos con el método de bootstrapping y los intervalos de confianza del 95% (IC 95%) obtenidos entre todas las épocas estudiadas.

Relación entre el volumen de presas consumido y las variables biométricas de los individuos de *Telmatobius philippii*, de acuerdo a sexo y época del año

Se comprobó la normalidad de los datos de Largo Hocico-Cloaca ($W=0.97$, $p=0.28$) y peso ($W=0.97$, $p=0.28$) de los individuos. El análisis muestra que hubo una correlación positiva significativa (Pearson: 0.71 , $p<0.001$) (Figura 5).

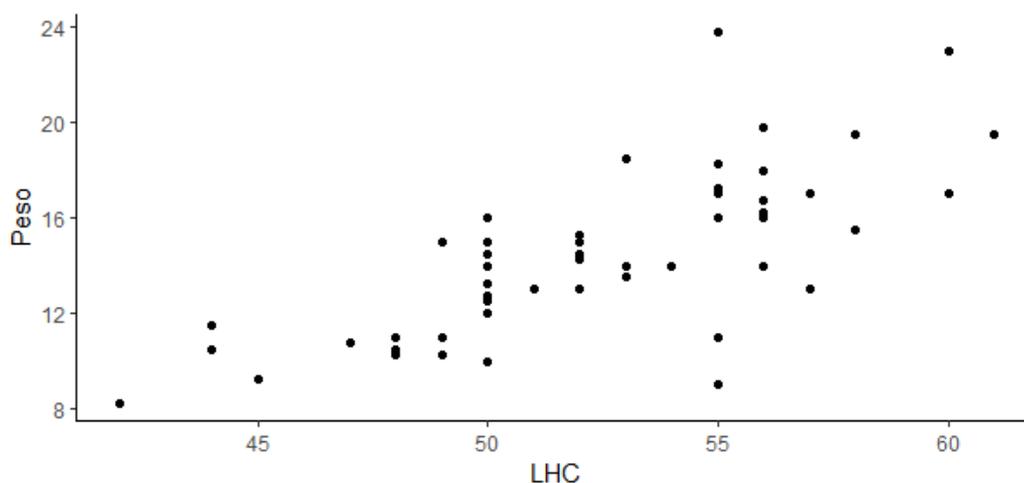


Figura 5: Relación entre el Largo Hocico Cloaca y el Peso de los individuos ($n=54$).

El modelo lineal generalizado que fue seleccionado ($AIC=145.48$, $BIC=159.63$) tuvo como variable dependiente al volumen consumido, ajustado a una distribución Gamma ($AD=0.20$, $p>0.05$; $KS=0.07$, $p>0.05$), y como variables independientes el LHC, el sexo y la época del año, con función link de tipo logarítmica. Del modelo, se desprende que no hubo relaciones significativas entre las variables (Tabla 3) (Figura 6).

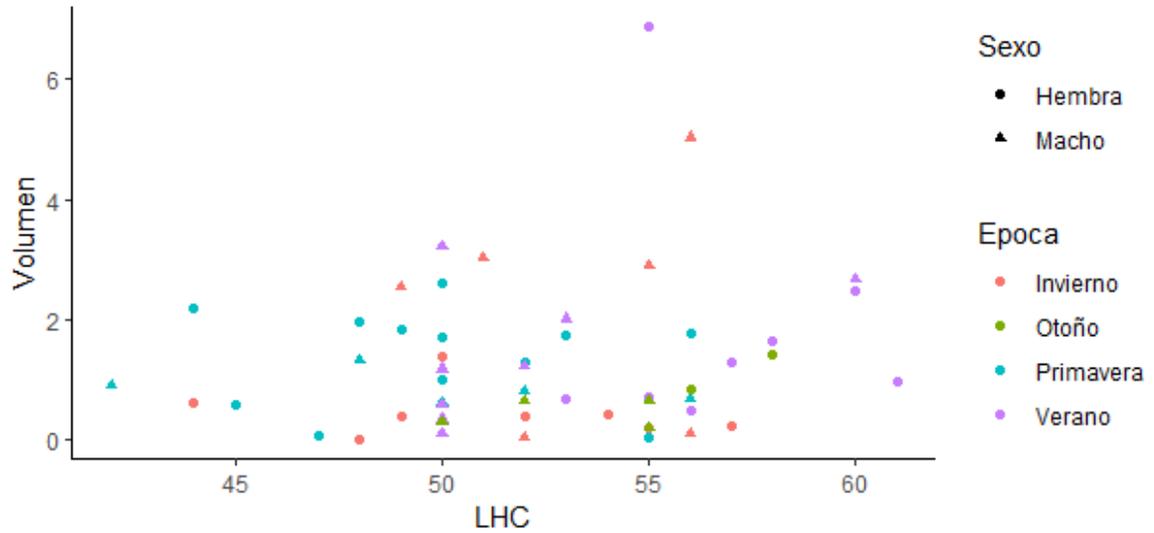


Figura 6: Relación entre el Volumen consumido (mm^3) con el LHC, Sexo y Época ($n=54$).

Tabla 3: Modelo Lineal Generalizado (GLM) seleccionado.

Variable	Estimador	Error estándar	t valor	p valor
Intercepto	-2.30	1.90	-1.21	0.23
LHC	0.05	0.04	1.27	0.21
Sexo: Macho	0.16	0.27	0.60	0.55
Época: Otoño	-0.69	0.47	-1.49	0.14
Época: Primavera	0.24	0.34	0.70	0.49
Época: Verano	0.24	0.35	0.68	0.50

DISCUSIÓN

Identificación y cuantificación de las presas presentes en la dieta de *Telmatobius philippii* en las distintas épocas del año

En este estudio se determinó que la dieta de *T. philippii* estuvo compuesta fundamentalmente por invertebrados bentónicos, lo que sugiere que estos anuros se alimentan principalmente en el fondo del curso del agua, coincidiendo con los hábitos alimentarios de otras especies del género (Lobos *et al.*, 2016; Lobos *et al.*, 2018; Akmentis y Gastón, 2020; Lobos *et al.*, 2021). Además, la frecuente asociación a restos vegetales y minerales del contenido, permite inferir que estas especies presentan un mecanismo de depredación por succión inercial (Barrionuevo, 2016; Akmentis y Gastón, 2020).

Solo 5 categorías fueron identificadas en todas las campañas, además, estas categorías sumaron un valor de más del 90% del índice de importancia relativa en todas las épocas analizadas. En estudios sobre ecología trófica realizados en otras especies del género en Chile, como el caso de *T. dankoi*, actualmente reconocida como *T. halli*, se observa que la dieta se compuso en su totalidad por presas de la familia Hyalellidae, Chironomidae, Simuliidae, Elmidae y gasterópodos (Lobos *et al.*, 2016). En *T. cf. philippii* del Salar de Ascotán, también se observó una predominancia de presas de la familia Hyalellidae en las distintas poblaciones estudiadas, seguido por gasterópodos, aunque también tuvieron relevancia, en menor proporción, las familias Chironomidae, Elmidae y Simuliidae (Lobos *et al.*, 2018). En *T. chusmisensis*, se observó que la familia Hyalellidae fue la más relevante en la dieta, obteniéndose valores del IRI que superaron el 80% en términos relativos (Lobos *et al.*, 2021).

Lobos y colaboradores (2021) destacan la importancia de la familia Hyalellidae en la dieta de las especies chilenas, sugiriendo que estas representan presas clave para varias poblaciones del género, lo cual también se observó en este estudio, siendo esta categoría la que tuvo una mayor importancia relativa en primavera, verano y otoño. Ella también ha sido

relevante para otras especies del género presente en otros países, como es el caso de *T. culeus* (Muñoz, 2018) y *T. macrostomus* (Watson *et al.*, 2017a). Muñoz (2018) sugiere que los anuros de este género podrían tener una estrategia que les permite obtener nutrientes desde el interior del exoesqueleto de estas presas, lo que también ha sido sugerido para otros géneros tales como *Xenopus laevis* (Daudin, 1802) y *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802), donde sus glándulas gástricas secretan la enzima quitinasa, la que permite romper los enlaces glicosídicos de la quitina de los exoesqueletos de los artrópodos y permite obtener moléculas más sencillas que son utilizadas como fuentes de energía (Fujimoto *et al.*, 2002, citado por Muñoz, 2018).

En términos de la variación temporal de la dieta, en *T. philippii* se aprecian diferencias en las categorías de presas que tuvieron mayor importancia relativa en cada una de las épocas. Por ejemplo, en primavera, a pesar de ser la época en donde se registró la mayor cantidad de taxones, la familia Hyalellidae tuvo una importancia que correspondió al 57.8% del IRI total de la época, siendo un valor considerablemente superior al resto de las categorías identificadas, ya que la segunda presa con el valor más alto fue la familia Elmidae, con solo un 12.9%. Distinto fue el caso de la época de invierno, donde los anfípodos representaron un 0.91% del IRI, y en cambio las presas de la familia Chironomidae el IRI representó un 53.5%. Sin embargo, en términos generales, al evaluar la abundancia de presas consumidas, no se encontraron variaciones significativas en el consumo en las distintas temporadas y tampoco al comparar el consumo de las distintas categorías. Estos resultados sugieren una baja plasticidad en general de los hábitos alimentarios de esta especie, lo cual dificulta su adaptación a las perturbaciones que pueda sufrir su ecosistema, haciéndolas más susceptibles a un declive de su población (López *et al.*, 2015).

Evaluación de la disponibilidad de presas en el microhábitat de *Telmatobius philippii* y su relación con las frecuencias de las presas presentes en su dieta en las distintas épocas del año

En el arroyo de Amincha se registró un total de 18 categorías taxonómicas a lo largo de todas las épocas, de las cuales se registró la mayor cantidad en primavera, con 14 ítem diferentes, siendo el doble de lo registrado en invierno, con 7 taxones identificados. Al observar la abundancia relativa de la oferta ambiental de presas, existen diferencias entre épocas del año. En invierno, por ejemplo, los taxones más abundantes fueron las familias Hyalellidae y Baetidae, mientras que en otoño, estas categorías tuvieron una proporción mucho menor, siendo los dípteros de la familia Chironomidae y Simuliidae los invertebrados con mayor abundancia. En general, la diferencia de diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos depende factores del sistema fluvial en el cual habitan, como lo son la velocidad del flujo, el oxígeno disuelto, el pH, sólidos disueltos, la temperatura y la dureza del agua (Belal *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2020; Buffagni, 2020; Garcia-Ríos *et al.*, 2020; Caicedo *et al.*, 2020).

El arroyo fluye a más de 4000 metros sobre el nivel del mar, con variaciones importantes de sus condiciones climáticas y sus parámetros del agua, lo que puede condicionar la dispersión de invertebrados (Garcia-Ríos *et al.*, 2020). Mediante mediciones realizadas en las campañas en terreno, se observó que la temperatura del agua sufrió variaciones importantes durante las épocas estudiadas. Por ejemplo, en otoño se registró una temperatura mínima de 0.0°C y máxima 14.63°C. Esto podría relacionarse con una mayor abundancia de organismos con mayor tolerancia a las condiciones más frías, como los dípteros de la familia Chironomidae (Garcia-Ríos *et al.*, 2020). Por lo que el estudio de los parámetros fisicoquímicos y su relación con la comunidad de macroinvertebrados podrían entregar mayor información con respecto a las dinámicas estacionales de este ecosistema (Caicedo *et al.*, 2020).

Al evaluar la independencia entre la cantidad de presas consumidas y su oferta ambiental en cada época del año, los resultados sugieren *T. philippii* presenta una estrategia de depredación del tipo especialista, ya que no se aprecia una relación significativa entre estos registros. Aunque las categorías más consumidas por los anuros eran las más abundantes de todos los taxones identificados, los anuros mostraron un consumo que no se relacionó con la abundancia en el ambiente. Esto se observa claramente en la época de invierno, donde hubo una selección hacia las presas de la familia Chironomidae, conformando un 53% de abundancia de presas en la dieta y solo un 5.9% de la oferta ambiental. Estos hábitos son similares a lo reportado en sus congéneres del norte de Chile (Lobos *et al.*, 2016; Lobos *et al.*, 2018; Lobos *et al.*, 2021), lo cual sugiere que estos animales invierten más tiempo en la búsqueda de presas y su selección podría estar relacionada con algunos atributos de la presa, como su palatabilidad, tamaño, valor nutritivo y movilidad (Anderson y Mathis, 1999; Anderson *et al.*, 1999).

Evaluación de la condición corporal, amplitud del nicho trófico y sobreposición de nichos entre las distintas épocas del año en *Telmatobius philippii*

La condición corporal de los anuros es un indicador de las reservas de energía de los individuos, entregando información sobre su estado de salud y su estado físico (Vera-Candioti *et al.*, 2019). En la población estudiada, no se encontraron diferencias significativas de los individuos en las distintas épocas, lo cual indica que las reservas energéticas y el consumo de alimento de los anuros no tuvo una variación importante, a pesar de las diferencias que podrían existir debido al ciclo reproductivo y el estrés ambiental producido por las variaciones del hábitat (Bancila *et al.*, 2010; Brodeur *et al.*, 2020). Esto coincide con lo reportado en *T. cf. philippii* del Salar de Ascotán, donde la condición corporal de los individuos no tuvo una relación significativa con el sexo y la época (Lobos *et al.*, 2018). Sin embargo, en el estudio señalado, se encontraron diferencias entre poblaciones que habitaban distintas vertientes, en donde los individuos con menor condición corporal se asociaron a la

vertiente con mayor intervención antrópica (Lobos *et al.*, 2018). Por lo tanto, los resultados de este estudio pueden servir de referencia para monitoreos en el largo plazo.

T. philippii presentó una baja amplitud de nicho en todas las épocas estudiadas, esto indica que esta especie utiliza una pequeña proporción de los recursos disponibles (Cowell y Futuyama, 1971), lo cual ha sido observado en otras especies de hábitos especialistas (Moser *et al.*, 2022), coincidiendo con los resultados obtenidos al evaluar la independencia entre consumo de presas y la oferta ambiental. Los altos valores de sobreposición de nicho entre las épocas estudiadas reflejan hábitos de consumo similares de estos anuros a lo largo del año, lo cual es concordante con lo observado con respecto a la variación de la abundancia consumida de presas, sugiriendo una baja flexibilidad en su conducta de consumo (López *et al.*, 2015)

Relación entre el volumen de presas consumido y las variables biométricas de los individuos de *Telmatobius philippii*, de acuerdo a sexo y época del año

No se observó una relación significativa en el volumen de presas consumido con el tamaño de los individuos. Si bien, en general se sugiere que los individuos más grandes se alimentan de presas más grandes y en mayor cantidad (López *et al.*, 2007), en algunas especies de anfibios no se ha observado una correlación de estas variables (Almeida *et al.*, 2019).

Con respecto a la variable temporal, la falta de diferencias significativa del consumo en términos de volumen entre épocas representa información complementaria a lo observado en este estudio, siendo estos anfibios que no varían sus hábitos de alimentación durante el año. En relación al sexo de los individuos, no se observan diferencias en la cantidad consumida. En este contexto, Leivas y colaboradores (2012) sugieren que la falta de diferencias en el volumen consumido entre sexos de la especie de anuro *Lithobates catebeianus*, se puede atribuir a una ausencia de dimorfismo sexual y una similitud en el uso del hábitat de todos los individuos, características que podrían estar asociadas también a los individuos de *T. philippii*.

CONCLUSIÓN

Los resultados de esta investigación brindan los primeros antecedentes sobre la ecología trófica de *T. philippii* en su localidad tipo. La dieta de este anuro estuvo compuesta por invertebrados bentónicos, siendo sus principales presas los organismos de las familias Hyalellidae, Chironomidae, Elmidae, Simuliidae y Baetidae.

Los antecedentes recopilados indican que la especie es un depredador especialista, ya que selecciona sus presas independiente de la abundancia de ellas en el ambiente y mostró una baja amplitud de nicho, concentrando su alimentación en unas pocas categorías. Con respecto a las variaciones temporales, no se encontraron diferencias significativas en la cantidad de presas consumidas, el volumen total consumido, la condición corporal de los individuos, y se observó una alta sobreposición de nicho entre las épocas estudiadas. Mostrando una baja plasticidad en el consumo de alimentos a pesar de las variaciones estacionales de su hábitat.

Con respecto a las características individuales de estos anfibios, no se observó una relación significativa de su biometría y sexo con el volumen total consumido. Antecedentes relacionados a su variación ontogénica, ciclo reproductivo, las dinámicas fisiológicas de los anuros, y sus presas, en relación con sus condiciones ambientales, serían de gran relevancia para conocer los requerimientos de esta especie para su supervivencia. Esta es información fundamental para la elaboración de medidas para la conservación de estos anfibios que se encuentran en peligro crítico de extinción, y en donde su carácter de especialista a nivel de dieta, junto a los datos publicados respecto a su especificidad de hábitat, permiten comprender la mayor susceptibilidad de estas especies a procesos de extinción.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, M.; MATHIS, A. 1999. Diets of two sympatric Neotropical Salamanders, *Bolitoglossa mexicana* and *B. rufescens*, with notes on reproduction for *B. rufescens*. *J Herpetol.* 33:601–607.

ANDERSON, A.; HAUKOS, D.; ANDERSON, J. 1999. Diet composition of three anurans from the Playa wetlands of northwest Texas. *Cop.* 2:515–520.

AKMENTINS, M.; GASTÓN, M. 2020. Feeding habits of the threatened aquatic Andean frog *Telmatobius rubigo* (Anura: Telmatobiidae). *Amphib. Reptile. Conserv.* 14(3):162-168.

ALMEIDA, B.; SANTOS, R.; DOS SANTOS, T.; DE SOUZA, M.; MENIN, M. 2019. Diet of five anuran species in a forest remnant in eastern Acre state, Brazilian Amazonia. *Herpetol. Notes.* 12:945-952.

BARRETO-LIMA, A. 2009. Gastric suction as a alternative method in studies of lizard diets: test in two species of *Enyalius* (Squamata). *Stud. Neotrop. Fauna. E.* 44(1):23-29.

BARRIONUEVO, J. 2016. Independent evolution of suction feeding in Neobatrachia: feeding mechanisms in two species of *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae). *Anat. Rec.* 299:181–196.

BARRIONUEVO, J. 2017. Frogs at the summits: phylogeny of the Andean frogs of the genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) based on phenotypic characters. *Cladistics.* 33(1):41–68.

BĂNCILĂ, R.; HARTEL, T.; PLĂIAȘU, R.; SMETS, J.; COGĂLNICEANU, D. 2010. Comparing three body condition indices in amphibians: a case study of yellow-bellied toad *Bombina variegata*. *Amphib-Reptil.* 31(4): 558-562.

BELAL, A.;EL-SAWY, M.;DAR, M. 2016. The effect of water quality on the distribution of macro-benthic fauna in Western Lagoon and Timsah Lake, Egypt. I. Egypt. J. Aquat. Res. 42(4): 437-448.

BELGORODSKI, N.; GREINER, M.; TOLKSDORT, K.; SHUELLER, K.; FLOR, M.; GÖHRING, L. 2017. rriskDistriburions: Fitting Distributions to Given Data or Known Quantiles. R package version 2.1.2.

BRODEUR, J.; DAMONTE, M.; CANDIOTI, J.; POLISERPI, M.; D'ANDREA, M.; BAHL, M. 2020. Frog body condition: Basic assumptions, comparison of methods and characterization of natural variability with field data from *Leptodactylus latrans*. Ecol. Indic. 112:106098.

BUFFAGNI, A. 2021. The lentic and lotic characteristics of habitats determine the distribution of benthic macroinvertebrates in Mediterranean rivers. Freshw. Biol. 66(1):13-34.

BURTON, T.; LIKENS, G. 1975. Energy flow and nutrient cycling in salamander populations in the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. Ecology. 56(5):1068-1080.

CALDART, V.; IOP, S.; BERTASO, T.; CECHIN, S. 2012. Feeding ecology of *Crossodactylus schmidti* (Anura: Hylodidae) in southern Brazil. Zool. Stud. 51(4): 484-493.

CAMPINHOS, E.; BARBOSA, R.; MARQUES, M.; SRVEK-ARAÚJO, A. 2020. Diet of *Crossodactylus timbuhy* (Anura: Hylodidae) in the Reserva Biológica Augusto Ruschi, state of Espírito Santo, Brazil. Biota Neotrop. 20(4):1-7.

CATENAZZI, A.; VON MAY, R.; VREDENBUG, V. 2013. High prevalence of infection in tadpoles increases vulnerability to fungal pathogen in high-Andean amphibians. *Biol. Conserv.* 159:413-421.

CHILE. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2020. Decreto Supremo N°16/2020. Reglamento para la Clasificación de las Especies Silvestres. Decimosexto proceso para la clasificación de especies. 27 octubre 2020.

COLWELL, R.; FUTUYMA, D. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology.* 52: 567 – 572.

CUEVAS, C.; FORMAS, J. 2002. *Telmatobius philippii*, una nueva especie de rana acuática de Ollagüe, norte de Chile (Leptodactylidae). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 75: 245-258.

DE OLIVEIRA, E.; HADDAD, C. 2015. Diet seasonality and feeding preferences of *Brachycephalus pitanga* (Anura: Brachycephalidae). *J Herpetol.* 49(2):252-256.

DI CASTRI, F. 1968. Esquisse écologique du Chili. **In:** Biologie de l'Amérique Australe; Vol. IV. Editions CNRS. Paris, Francia. pp. 7-52.

DI RIENZO J.; BALZARINI M.; GONZALEZ, L.; CASANOVES F.; TABLADA M.; ROBLEDO, W. 2004. InfoStat. Version 2004. Infostat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. 336 p.

DOMÍNGUEZ, E; FERNÁNDEZ, H. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 656 p.

FIBLA, P.; SÁEZ, P.; SALINAS, H.; ARAYA, C.; SALABERRY, M.; MÉNDEZ, M. 2017. The taxonomic status of two *Telmatobius* frog species (Anura: Telmatobiidae) from the western Andean slopes of northernmost Chile. *Zootaxa.* 4259(4):301-314.

FROST, D. 2021. Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.1 [en línea] < <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php> > [consulta: 30-12-2021]

FUJIMOTO, W.; SUZUKI, M.; KIMURA, K.; IWANAGA, T. 2002. Cellular Expression of the Gut Chitinase in the Stomach of Frogs *Xenopus laevis* and *Rana catesbeiana*. Biomed. res. 23(2):91-99. (citado por Muñoz, A. 2018. Foraging strategies and ecology of Titicaca water frog (*Telmatobius culeus*). Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias. Ghent, Bélgica. Ghent University, Fac. de Medicina Veterinaria. 230 p.).

GARCIA-PADRÓN, L. 2019. Métodos para el estudio de la dieta en anfibios ¿Cuál es el más adecuado para las especies cubanas?. Poeyana. 508:28-33.

GARCÍA-RÍOS, R.; MOI, D.; PELÁEZ, O. 2020. Effects of altitudinal gradient on benthic macroinvertebrate assemblages in two hydrological periods in a Neotropical Andean river. Ecol. Austral. 30(1):33-44.

GARVEY, J.; WHILES, M. 2016. Trophic ecology. CRC Press. Boca Raton, Estados Unidos. 393 p.

GUERRERO-JIMÉNEZ, C.; PEÑA, F.; MORALES, P.; MENDEZ, M.; SALLABERRY, M.; VILA, I.; POULIN, E. 2017. Pattern of genetic differentiation o fan incipient speciation process: The case of the high Andean killifish *Orestias*. PLoS. One. 12(2).

GILLESPIE, J. 2013. Application of stable isotope analysis to study temporal changes in foraging ecology in a highly endangered amphibian. PLoS. One. 8(1):e53041.

HAJEK, E.; DI CASTRI, F. 1975. Bioclimatología de Chile. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 107 pp.

HODGKISON, S.; HERO, J. 2003. Seasonal, sexual, and ontogenic variations in the diet of the “declining” frogs *Litoria nannotis*, *Litoria rheocola*, and *Nyctimystes dayi*. *Wildl. Res.* 30(4):345-354.

HORN, H. 1966. Measurement of “overlap” in comparative ecological studies. *Am. Nat.* 100(914):419-424.

IUCN. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021.3 [en línea] < <https://www.iucnredlist.org> > [consulta: 30-12-2021]

JAKSIC, F. 1979. Técnicas estadísticas simples para evaluar la selectividad dietaria en Stringiformes. *Medio Ambiente (Chile)*. 4:114-118.

LEIVAS, P.; LEIVAS, F.; MOURA, M. 2012. Diet and trophic niche of *Lithobates catesbeianus* (Amphibia: Anura). *Zoologia (Curitiba)*. 29:405-412.

LEVINS, R. 1968. *Evolution in changing environments*. Princeton University Press. Princeton, Estados Unidos. 132 p.

LI, Z.; XING, Y.; LIU, Z.; CHEN, X.; JIANG, X.; XIE, Z.; HEINO, J. 2020. Seasonal changes in metacommunity assembly mechanisms of benthic macroinvertebrates in a subtropical river basin. *Sci. Total Environ.* 729:139046.

LOBOS, G.; VIDAL, M.; LABRA, A.; CORREA, C.; RABANAL, F.; DÍAZ-PÁEZ, H.; ALZAMORA, A.; SOTO, C. 2011. Protocolo para el control de enfermedades infecciosas en Anfibios durante estudios de campo. Asociación Red Chilena de Herpetología RECH, Chile.

LOBOS, G.; REBOLLEDO N.; CHARRIER, A.; ROJAS, O. 2016. Natural history notes of *Telmatobius dankoi* (Anura, Telmatobiidae), a critically endangered species from northern Chile. Stud. Neotrop. Fauna. Eviron. 1-6.

LOBOS, G.; REBOLLEDO, N.; SANDOVAL, M.; CANALES, C.; PEREZ-QUEZADA, J. 2018. Temporal Gap between Knowledge and Conservation Needs in High Andean Anurans: The Case of the Ascotán Salt Flat Frog in Chile (Anura: Telmatobiidae: *Telmatobius*). South. Am. J. Herpetol. 13(1):33-43.

LOBOS, G.; SAEZ, P.; VILLABLANCA, R.; PRADO, M.; CRUZ-JOFRÉ, F.; FIBLA, P.; MÉNDEZ, M. 2020. Invasión of salmonids in the Puna and Southern Chilean Altiplano: Patterns and threats to the biodiversity. Bioinvasions. Rec. 9(4):853-864.

LOBOS, G. 2020. Antecedentes ecológicos del género *Telmatobius*. In: Ecología y conservación en los *Telmatobius* altos de Chile; el caso de la ranita del loa. Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama. Calama, Chile. pp. 52-61.

LOBOS, G.; REBOLLEDO, N.; SALINAS, H.; FIBLA, P.; SAEZ, P.; MENDEZ, M. 2021. Ecological features of *Telmatobius chusmisensis* (Anura: Telmatobiidae), a poorly known species from northern Chile. South. Am. J. Herpetol. 20(1):1-7.

LÓPEZ, J.; GHIRARDI, R.; SCARABOTTI, P.; MEDRANO, M. 2007. Feeding ecology of *Elachistocleis bicolor* in a riparian locality of the middle Paraná River. Herpetol. J. 17: 48-53.

LOPEZ, J.; SCARABOTTI, P.; GHIRARDI, R. 2015. Amphibian trophic ecology in increasingly human-altered wetlands. Herpetol. Conserv. Biol. 10(3):819-832.

LURÍA-MANZANO, R.; RAMÍREZ-BAUTISTA, A. 2019. Ontogenetic variation in the diet of the anuran community from a semi-arid environment in the southeastern Chihuahuan Desert. *PeerJ*. 7:e7908.

MANEYRO, R.; NAYA, D.; ROSA, I.; CANAVERO, A.; CAMARGO, A. 2004. Diet of the South American frog *Leptodactylus ocellatus* (Anura, Leptodactylidae) in Uruguay. *Iheringia Ser. Zool.* 94:57-61.

MÉNDEZ, M.; VILA, I. 2020. Sistematización de la información sobre las especies del Género *Telmatobius*, *Orestias* y *Pseudorestias* en Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 177 p.

MICHELIN, G.; CERON, K.; SANTANA, D. 2020. Prey availability influences the diet of *Scinax fuscomarginatus* in a Cerrado area, Central Brazil. *Anim. Biodivers. Conserv.* 43(2):169-175.

MOHANTY, N.; ISAAC, S.; ANUJAN, K. 2022. Diet of the brackish frog *Fejervarya moodiei* (Anura: Dicroglossidae) on the Andaman Islands. *Herpetol. Notes.* 15:105-109.

MOLLOV, I.; DELEV, I. 2020. Feeding Ecology of Anurans (Amphibia: Anura) in Bulgaria- A Review. *Ecol. Balk.* 12(1): 201-213. <http://web.uniplovdiv.bg/mollov/EB/2020_vol12_iss1/201-213_eb.20302.pdf> [consulta: 11-08-2021]

MOSER, C.; FARINA, R.; DUDCZAK, A.; TOZETTI, A.; LINGNAU, R. 2022. Feeding ecology of endemic frogs of the Atlantic Forest in southern Brazil. *Anais Acad. Brasil. Ci.* 94.

MUÑOZ, A. 2018. Foraging strategies and ecology of Titicaca water frog (*Telmatobius culeus*). Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias. Ghent, Bélgica. Ghent University, Fac. de Medicina Veterinaria. 230 p.

PARK, S.; LEE, H.; CHO, K. 2018. Diet composition of Japanese tree frog (*Hyla japonica*) in a rice paddy, South Korea. *Ecol. Resil. Infrastruct.* 5(1):54-58.

PEDROSO-SANTOS, F.; SANCHES, P.; COSTA-CAMPOS, C. 2022. Trophic niche of *Pseudopaludicola boliviana* (Anura: Leptodactylidae) from northern Brazil. *North-West. J. Zool.* 18(1).

PIANKA, E. 1963. The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Eco. Syst.* 4:53-74.

PINKAS, L.; OLIPAHNT, M.; IVERSON, I. 1971. Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito in Californian Waters. *Calif. Dep. Fish. Game. Fish. Bull.* 152:1-105

R CORE TEAM. 2022. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. [en línea]. < <http://www.R-project.org> > [consulta: 15-06- 2022]

RAMÍREZ, A. 2010. Capítulo 2. Métodos de recolección. *Rev. Biol. Trop.* 58(4):41-50.

RAMOS, V.; QUISPE, J.; PIPERIS, K. 2019. Evaluación de la abundancia relativa de *Telmatobius culeus* en la zona litoral del lago Titicaca, Perú. *Rev. Peru. Biol.* 26(4):476-480.

REIDER, K.; LARSON, D.; BARNES, B.; DONNELLY, M. 2021. Thermal adaptations to extreme freeze-thaw cycles in the high tropical Andes. *Biotropica.* 53(1):269-306.

SÁEZ, P.; FIBLA, P.; CORREA, C.; SALLABERRY, M.; SALINAS, H.; VELOSO, A.; MELLA, J.; ITURRA, P.; MENDEZ, M. 2014. A new endemic lineage of the Andean frog genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) from the western slopes of the central Andes. *Zoo. J. Linn. Soc.* 171(4):769-782.

SOLÉ, M.; BECKMANN, O.; PELZ, B.; KWET, A. 2005. Stomach-flushing for diet analysis in anurans: an improved protocol evaluated in a case study in Araucaria forests, southern Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna. Environ.* 40(1):23-28.

SOLÉ, M.; RODDER, D. 2010. Dietary assessments of adult amphibians. **In:** Kenneth, J. *Amphibian Ecology and Conservation, a handbook of Techniques.* Oxford university press Inc. New York, United States. pp. 167-184.

SOLÉ, M.; DIAS, I.; RODRIGUES, E.; MARCIANO-JR, E.; BRANCO, S.; RÖDDER, D. 2019. Diet of *Leptodactylus spixi* (Anura:Leptodactylidae) from a cacao plantation in southern Bahia, Brazil. *North West J Zool.* 15(1):62-66.

SOLÍS, R.; PENNA, M.; DE LA RIVA, I.; FISHER, M.; BOSCH, J. 2015. Presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in anurans from the Andes highlands of northern Chile. *J. Herpetol.* 25(1):55-59.

VELASCO, M.; AKMENTINS, M.; KASS, C.; WILLIAMS, J.; KACOLIRIS, F. 2019. Diet of critically endangered Valcheta frog, *Pleurodema somuncurense* (Anura: Leptodactylidae), in the Somuncura Plateau, Patagonia, Argentina. *North. West. J. Zool.* 15(2):147-151.

VELOSO, A.; CHARRIER, A.; CORREA, C.; SOTO, C.; VELEZ, C.; MÉNDEZ, M.; FORMAS, R.; DÍAZ, S. 2015. *Telmatobius philippii*. **In:** IUCN Red list of threatened species. <<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T57354A79813783.en>> [consulta: 09-08-2021]

VERA-CANDIOTI, J.; D'ANDREA, M.; BRODEUR, J. 2019. Body condition of *Pseudis minuta* Günther, 1858 (Anura: Hylidae) inhabiting an agroecosystem from south Santa Fe Province, Argentina. *Herpetol. Notes.* 12:13-17.

VICTORIANO, P.; MUÑOZ-MENDOZA, C.; SÁEZ, P.; SALINAS, H.; MUÑOZ-RAMÍREZ, C.; SALLABERRY, M.; FIBLA, P.; MÉNDEZ, M. 2015. Evolution and Conservation on Top of the World: Phylogeographic of the Marbled Water Frog (*Telmatobius marmoratus* Species Complex; Anura, Telmatobiidae) in Protected Areas of Chile. *J. Hered.* 106(S1):546-559.

VON TSCHIRNHAUS, J.; CORREA, C. (2021). The definitive rediscovery of *Telmatobius halli* (Anura, Telmatobiidae) at its historic type locality and its synonymy with *T. dankoi* and *T. vilamensis*. *Zookeys.* 1079:1-33.

WATSON, A.; FITZGERALD A.; BALDEÓN, O. 2017a. Diet composition and prey selection of *Telmatobius macrostomus* the Junín giant frog. *Endanger. Species. Res.* 32(1):117-121.

WATSON, A.; FITZGERALD A.; BALDEÓN O.; ELIAS, R. 2017b. Habitat characterization occupancy and detection probability of the Endangered and endemic Junín giant frog *Telmatobius macrostomus*. *Endanger. Species. Res.* 32(1):429-436.

WU, Z.; LI, Y.; WANG Y. 2007. A comparison of stomach flush and stomach dissection in diet analysis of four frog species. *Acta. Zool. Sin.* 53:364–372.

ZHANG, J. 2016. spaa: SPecies Association Analysis. R package version 0.2.2.