



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



ECOLOGIA TRÓFICA DE LA RANA DEL TITICACA *Telmatobius*
***culeus* EN EL ÁMBITO DE LA BAHÍA DE PUNO, SECTOR**
CAPACHICA - LAGO TITICACA

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. DARIO FLORES MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

*A mis seres queridos que se encuentran con el señor,
mis padres **Luciano** y **Maximiliana**, y mi hermano
Eleodoro, gracias por sus enseñanzas y decirles que
siempre están presentes en mi corazón y mente, para
formar y enseñar lo aprendido con ustedes.*

*A **Kaká** y **Tata**, pequeños leones que reinan en mi
corazón, recordarles siempre que: en su mente
estará presente su madre, en sus corazones estará
presente su padre y que sus brazos son de uno
para el otro para apoyarse y levantarse, sus
piernas son suyas y esas las llevaran a los lugares
que ustedes vislumbren caminen con sabiduría y
amor.*

*A **Kelly Stefanie Gabriela Palomino Pinto**, por
compartir la mayor pasión que tiene por la
conservación de la naturaleza, gracias por guiarme
por el sendero correcto, gracias por darme tu mano y
caminar hacia la collpa de guacamayos y salir
emocionados por nuestra pasión.*



AGRADECIMIENTOS

Agradecer a la plana entera de docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, no existen enseñanzas grandes ni pequeñas, absurdas ni sabientes, fachos o no fachos, solo existe la enseñanza denodada del docente y el aprendizaje loable de los alumnos.

Agradecer a mi director de Tesis M.Sc. Alfredo Ludwig Loza del Carpio, por su sapiencia, tiempo, esfuerzo y humildad para apoyarme en la construcción de este proyecto de tesis.

Al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas – SERNANP, por lo poco y mucho que inculco en mí formación profesional y proyecto de vida, en especial a las Áreas Naturales Protegidas; Parque Nacional Bahuaja Sonene, Reserva Nacional del Tambopata, Santuario Nacional de Pampa Hermosa, al Bosque de Protección de Pui Pui, y a la Reserva Nacional del Titicaca.

Amigos míos, amigos del alma, Joselos, Pocho, Pepe, Flor, Wilfredo, Anamelva, cada uno estuvo y está presente en cada etapa de mi vida, aportaron y despertaron las ganas de salir adelante y triunfar en la vida, gracias absolutas.

A mis miembros de jurado D.Sc. Belisario Mantilla Mendoza, D.Sc. Gilmar Goyzueta Camacho y M.Sc. Jesus Miranda Mamani, por sus aportes oportunos en aras de mejorar el presente trabajo de investigación.

A la señora Yrma Ruelas Ortega, por su gran apoyo en la culminación de mi tesis.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 10

ABSTRACT..... 11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 14

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 15

2.2. MARCO TEÓRICO 17

2.2.1. Bioecología de *Telmatobius culeus* 17

2.2.2. Fundamentos de ecología trófica..... 26

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO Y PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS 32

3.2. DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN

ALIMENTICIO Y DIETA DE *Telmatobius culeus*. 33



3.3. IDENTIFICACIÓN DE LA OFERTA TRÓFICA DE *Telmatobius culeus* 39

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPOSICIÓN DE LA DIETA Y ECOLOGÍA TRÓFICA DE

Telmatobius culeus..... 44

4.1.1. Relación entre tamaño de individuos de *Telmatobius culeus* y sus presas.... 44

4.1.2. Parámetros generales de ecología trófica 46

4.1.3. Composición de la dieta de *Telmatobius culeus*..... 48

4.1.4. Capacidad de consumo de *Telmatobius culeus* 60

4.2. OFERTA TRÓFICA PARA *Telmatobius culeus* 61

V. CONCLUSIONES 65

VI. RECOMENDACIONES..... 66

VII. REFERENCIAS..... 67

ANEXOS..... 78

ÁREA: Ciencias Biomédicas.

LÍNEA: Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 09/02/2022.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación del género <i>Telmatobius</i> del lago Titicaca según Vellard (1991)..	22
Figura 2. Distribución de las diferentes formas del género <i>Telmatobius</i> en lago Titicaca (Vellard, 1991)... ..	23
Figura 3. Ámbito de estudio y procedencia de las muestras de <i>Telmatobius culeus</i> , zonas de Yapura y Llachón, en el sector Capachica (Google Earth, 2019)	33
Figura 4. Biometría de un anfibio (Narvaez y Ron, 2013)	38
Figura 5. Regresión lineal entre la longitud total de <i>Telmatobius culeus</i> y el tamaño promedio de presas obtenidas de su contenido estomacal (Elaboración propia, 2019)	45
Figura 6. Regresión lineal entre el volumen estomacal de <i>Telmatobius culeus</i> con el peso de alimento que ingiere (Elaboración propia, 2019)	45
Figura 7. Niveles de repleción estomacal en un lote de 20 individuos de <i>Telmatobius culeus</i> evaluados (Elaboración propia, 2019)	48
Figura 8. Composición de la dieta de <i>Telmatobius culeus</i> procedentes de la bahía de Puno sector Capachica en porcentajes (%) del % IRI, durante el mes de febrero del 2019 (Elaboración propia, 2019).....	50
Figura 9. Composición de la dieta de <i>Telmatobius culeus</i> procedentes de la bahía de Puno sector Capachica en porcentajes (%) del IRI, durante el mes de mayo del 2019 (Elaboración propia, 2019)	51
Figura 10. Composición de la dieta de <i>Telmatobius culeus</i> procedentes de la bahía de Puno sector Capachica en porcentajes (%) del IRI, durante el mes de junio del 2019 (Elaboración propia, 2019)	53



Figura 11. Composición de la dieta de <i>Telmatobius culeus</i> procedentes de la bahía de Puno sector Capachica en porcentajes (%) del IRI, durante el mes de julio del 2019 (Elaboración propia, 2019)	54
Figura 12. Distribución del porcentaje del índice de importancia relativa (IRI) de las presas para <i>Telmatobius culeus</i> , en el ámbito de la bahía de Puno, sector Capachica (Elaboración propia, 2019).....	55
Figura 13. Índices de importancia relativa (IRI) por ítem alimenticio consumido por <i>Telmatobius culeus</i> (Elaboración propia, 2019)	56
Figura 14. Índices de importancia relativa (IRI) para <i>Telmatobius culeus</i> según meses de consumo (Elaboración propia, 2019)	57
Figura 15. Número de presas totales consumidas por <i>Telmatobius culeus</i> según mes de evaluación (Elaboración propia, 2019)	58
Figura 16. Número de presas totales consumidas por <i>Telmatobius culeus</i> según especie por período de evaluación (Elaboración propia, 2019).....	59
Figura 17. Consumo en número de presas por individuo de <i>Telmatobius culeus</i> (Elaboración propia, 2019)	61
Figura 18. Análisis de regresión lineal entre abundancia de individuos en el hábitat y abundancia de presas consumidas (izquierda) y entre índices de diversidad Shanon (derecha) (Elaboración propia, 2019)	63



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características generales de los individuos muestreados de <i>Telmatobius culeus</i> y condiciones generales de su ecología alimentaria (Elaboración propia, 2019)	46
Tabla 2. Características del contenido estomacal y la dieta de <i>Telmatobius culeus</i> en el primer muestreo realizado en febrero del 2019 (Elaboración propia, 2019).	49
Tabla 3. Características del contenido estomacal y la dieta de <i>Telmatobius culeus</i> en el segundo muestreo realizado en mayo del 2019 (Elaboración propia, 2019)	51
Tabla 4. Características del contenido estomacal y la dieta de <i>Telmatobius culeus</i> en el tercer muestreo realizado en junio del 2019 (Elaboración propia, 2019)	52
Tabla 5. Características del contenido estomacal y la dieta de <i>Telmatobius culeus</i> en el cuarto muestreo realizado en julio del 2019 (Elaboración propia, 2019)	53
Tabla 6. Análisis de varianza en diseño bloque completo al azar para el IRI de la dieta de <i>Telmatobius culeus</i> según especies y época de evaluación (Elaboración propia, 2019)	55
Tabla 7. Análisis de varianza en diseño bloque completo al azar de la cantidad de presas consumida por <i>Telmatobius culeus</i> según meses y según tipo de presa (Elaboración propia, 2019)	58
Tabla 8. Características de la comunidad de potenciales presas de <i>Telmatobius culeus</i> en sus probables hábitats comparado con la comunidad de sus estómagos (Elaboración propia, 2019)	62
Tabla 9. Prueba de Kolmogorov Smirnov entre la diversidad Shannon de los hábitats acuáticos de <i>Telmatobius culeus</i> y la diversidad de su contenido estomacal (Elaboración propia, 2019)	64



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANOVA	: Análisis de varianza
AMNH	: American Museum of Natural History
CR	: Peligro Crítico
CRE	: Cociente de repleción estomacal.
DBCA	: Diseño bloque completo al azar
IRI	: Índice de Importancia Relativa.
LHC	: Longitud hocico-cloaca
IUCN	: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
RNT	: Reserva Nacional del Titicaca
UTM	: Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator.



RESUMEN

El estudio se realizó en la bahía de Puno del lago Titicaca, zonas de Yapura y Llachón en el sector de Capachica, considerando la importancia de *Telmatobius culeus* como componente de este ecosistema y su estatus poblacional en peligro crítico. Los objetivos fueron determinar la ecología trófica de *Telmatobius culeus* y caracterizar su oferta trófica. La metodología utilizada se realizó determinando la composición dietaria por medio del análisis de contenido estomacal de un total de 89 individuos y determinando el índice de importancia relativa (IRI) y otros índices tróficos. Se determinó que *Telmatobius culeus* alcanza una amplitud de tamaño entre 50.67 hasta 78.83 mm en su longitud total y un peso promedio de 47.14 g, siendo que los individuos más grandes se encontraron en los meses de febrero y mayo por la mayor disposición y abundancia de presas. Se encontró un coeficiente de vacuidad total de 22.09%, siendo más alto en julio por la menor abundancia de presas. El índice de Simpson de 0.74 indica prevalencia por seleccionar algunas especies presa y el índice de Shannon de 1.61, baja diversidad en su dieta. Una amplitud de nicho trófico de 0.75 refiere que *Telmatobius culeus* es principalmente generalista, siendo sus principales presas *Hyaella*, *Taphius*, *Heleobdea* y *Estegmostegella*, alcanzando la primera entre el 60 y 88% del IRI en los meses de febrero y junio respectivamente; los gasterópodos *Taphius* y *Heleobdea* constituyen alimentos secundarios alcanzando entre el 3.5 a 23.21% del IRI, alimentos ocasionales incluirían peces pequeños, insectos terrestres y material vegetal. En cuanto a la oferta trófica, se encontró alta correlación ($r = 0.91$) entre la abundancia de presas disponibles en su medio y su nivel de consumo, aunque baja correlación entre la diversidad de especies del medio con la que consumen como alimento ($r = 0.54$).

Palabras clave: alimentación, ecología trófica, lago Titicaca, *Telmatobius culeus*.



ABSTRACT

The study was carried out in the Puno bay of Lake Titicaca, Capachica sector, considering the importance of *Telmatobius culeus* as a component of this ecosystem and its population status in critical danger. The objectives were to determine the trophic ecology of *Telmatobius culeus* and characterize its trophic offer. The methodology used was determining the dietary composition through the analysis of stomach contents of a total of 89 individuals and determining the relative importance index (IRI) and other trophic indices. It was determined that *Telmatobius culeus* reaches an amplitude of size between 50.67 to 78.83 mm in its total length and an average weight of 47.14 g, being that the largest individuals were found in the months of February and May due to the greater availability and abundance of prey. A total void coefficient of 22.09% was found, being higher in July due to the lower abundance of dams. The Simpson index of 0.74 indicates prevalence by selecting some prey species and the Shanon index of 1.61, low diversity in their die *Telmatobius*. An amplitude of trophic niche of 0.75 indicates that *Telmatobius culeus* is mainly generalist, being its main dams *Hyaella*, *Taphius*, *Heleobdea* and *Estegmostegella*, reaching the first between 60 and 88% of the IRI in the months of February and June respectively; the *Taphius* and *Heleobdea* gastropods constitute secondary foods reaching between 3.5 and 23.21% of the IRI, occasional foods would include small fish, terrestrial insects and plant material. Regarding the trophic supply, a high correlation ($r = 0.91$) was found between the abundance of prey available in its environment and its level of consumption, although low correlation between the diversity of species in the environment with which they consume as food ($r = 0.54$).

Keywords: food, lake Titicaca, trophic ecology, *Telmatobius culeus*.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente los anfibios se encuentran entre los vertebrados más amenazados en el mundo debido a su alta sensibilidad al cambio climático, a contaminantes, a los cambios en su hábitat y a la introducción de especies exóticas (González et al., 2013), lo que viene conduciendo a su extinción (Mattoon, 2000), además su desaparición puede conducir a impredecibles cambios en diferentes ecosistemas trayendo repercusiones ecológicas altamente significativas (Angulo, 2002), además de la posibilidad de pérdida del alto potencial que representan para la ciencia médica y la investigación científica (Barcellos y Pereira, 2007). Sin embargo, para evitar su destrucción es necesario conocerlos primero, en especial en sus aspectos bioecológicos, lo que permitirá emprender las estrategias más adecuadas para su recuperación (Suazo y Alvarado, 2004).

El lago Titicaca constituye uno de los ecosistemas lacustres más importantes del Perú y provee de múltiples beneficios a los pobladores circundantes, así como importantes servicios ecosistémicos que mejoran las condiciones de vida de la sociedad. Posee una variedad de recursos naturales que benefician directamente al hombre y contiene especies únicas en el planeta que es necesario conservar y proteger (RNT, 2003). Entre estas especies tenemos a la “rana del Titicaca” o localmente denominada “kelle” y científicamente *Telmatobius culeus*, actualmente categorizada en Peligro Crítico (CR) por la Lista Roja de la UICN (Icochea et al., 2004) y similarmente en Peligro Crítico (CR) por la norma peruana (MINAGRI, 2014), debido a su continua disminución poblacional causada principalmente por la pérdida general de su hábitat, contaminantes diversos, competidores introducidos y sobreexplotación (AmphibiaWeb, 2017).



Adicionalmente existe un riesgo permanente en la región Puno por su sobreexplotación con fines de medicina tradicional, razón por la cual tienen alta demanda en ciudades como Puno, Arequipa y Lima y a pesar de ser una especie protegida, es permanente su extracción indiscriminada y furtiva, que atenta contra sus poblaciones e incluso amenaza con su extinción. Además, en algunas localidades rurales de Puno aún lo utilizan como alimento tradicional de subsistencia (RNT, 2003; Chino y Quilli, 2017) y alcanzan niveles intensivos de comercialización y consumo de su carne en diferentes platos y culinaria en localidades como La Paz, Bolivia (Álvarez, 2006); pero su uso racional puede dar beneficios indirectos como por ejemplo con fines de ecoturismo (Salamanca, 2013).

Estudios sobre esta especie son muy limitados actualmente y es fundamental conocer aspectos de su biología y comportamiento para poder planificar estrategias de conservación, recuperación de poblaciones y aportar con alternativas de manejo y aprovechamiento sostenible. Considerando que esta especie es protegida legalmente, una estrategia para manejar esta especie sin atentar contra sus poblaciones naturales, estaría orientada a la zocrianza, con lo cual incluso podría aprovecharse posteriormente con fines comerciales. Pero, para ello se requiere conocer aspectos fundamentales como su biología reproductiva y sus hábitos alimentarios de manera prioritaria. Respecto a esto último, entender su ecología trófica o hábitos alimentarios conllevan a conocer su preferencia alimenticia, sus requerimientos alimentarios y sus necesidades vitales de manera precisa y adecuada. Ello contribuirá a fortalecer el mejor entendimiento del nicho ecológico de esta especie, los servicios ecosistémicos que provee, y las oportunidades de aprovechamiento para beneficio de las actuales y futuras generaciones humanas.



El estudio permitirá conocer aspectos básicos de la bioecología de una especie endémica y única en el mundo, cuyas poblaciones actualmente vienen corriendo el riesgo de ser diezmadas debido a diferentes acciones de origen antropogénico, en especial por procesos de contaminación e introducción de especies exóticas a la que viene sometiéndose el lago Titicaca desde hace muchos años. Los resultados aportarán en el emprendimiento de estrategias para su conservación, en especial desde perspectivas de crianza en semi cautiverio, a partir del cual se podría reponer poblaciones o incluso podría utilizarse con fines de alimentación humana, sin hacer extracción de su medio natural.

Telmatobius culeus, constituye un potencial recurso natural, cuyo aprovechamiento sostenible será viable, sólo si se logra comprender apropiadamente su dinámica en el ecosistema y sus requerimientos fundamentales que permitirán su sobrevivencia, y por ende permitirá además mantener la dinámica del lago Titicaca en general.

Para ello nos planteamos los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la ecología trófica de la rana del Titicaca *Telmatobius culeus* en el ámbito de la bahía de Puno, zonas de Yapura y Llachón en el sector de Capachica.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la composición de la dieta de la rana del Titicaca *Telmatobius culeus* en la bahía de Puno, desde su contenido estomacal.
- Identificar la oferta trófica en el ámbito de la bahía de Puno, lago Titicaca para adultos de *Telmatobius culeus*.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

En el lado Boliviano, Pérez (1998) reportó que en los contenidos estomacales de *Telmatobius culeus* está compuesta principalmente por crustáceos *Hyaella*, gasterópodos como *Littoridina*, insectos elmidos *Austrelmis*, además de plantas carofíceas, así como vertebrados que incluyen *Telmatobius* y *Orestias*.

Apaza (1998) en el análisis de contenidos estomacales encontró que los adultos del género *Telmatobius* tienen como dieta principal insectos hemípteros del género *Ectemnostegella*, anfípodos *Hyaella*, ostrácodos *Cyprinotus*, moluscos *Littoridina*, e incluye un grupo planctónico el cual estaría conformado por cladóceros *Bosmina*, rotíferos, *Keratella* y copépodos *Boeckella*.

Apaza (2001), estudió el régimen alimentario de larvas y adultos de *Telmatobius culeus* procedentes de la localidad de Umuchi, provincia de Moho, lago Titicaca, encontrando que las larvas son básicamente herbívoras, cuyo alimento más habitual son algas *Spyrogira* con 42% del porcentaje volumétrico, *Zygnema* 19% y *Oscillatoria* 7%, el resto incluye algas como *Microspora*, *Closterium*, *Ulothrix* y *Lyngbia*, así mismo los adultos son principalmente carnívoros aunque tienden a un omnivorismo oportunista, alimentándose principalmente de *Hyaella*, *Littoridina* y *Nostoc* (IRI>1000), como alimentos secundarios incluyen los moluscos *Taphius*, *Sphaerium* (IRI<1000) y eventualmente plantas acuáticas como *Elodea* y *Miriophyllum* (Apaza, 2001), pero su dieta en general incluye anfípodos, caracoles, insectos acuáticos, renacuajos y peces (Allen, 1922).



En condiciones de cautiverio los adultos de esta especie pueden aceptar *Tubifex*, pequeños caracoles de agua dulce, peces (guppys y mollys) incluso alimentos comerciales como Hikari ®, Tetra Min ®, Marine ®, además de pellets Tucubi ® (tubifex deshidratados) cuyo tamaño es de 1 cm, Carnivore ® y Tropical ®, incluyendo lombrices de tierra (Villalobos, 2016).

En otros anuros de comportamiento acuático, como *Bombina variegata* y *Pelophylax ridibundus*, se encontró también que las presas acuáticas tienen una participación importante en su dieta, donde predominan efemerópteros, plecópteros y odonatos, pero, diversifican también su dieta con ítems alimenticios terrestres como insectos, anelidos y moluscos principalmente (Bogdan et al., 2013).

Un anfibio acuático en México del género *Lithobates zweifeli* tenía en su composición alimentaria predominantemente invertebrados y dentro de ellos organismos acuáticos como efemerópteros, hemípteros, odonatos tricopteros y peces (Mendoza-Estrada et al., 2008). En este estudio el 88.8 % de los estómagos (n = 72) contuvieron al menos un componente alimentario y el 11.2 % (n= 9) estuvieron vacíos, por lo que no fueron considerados en los análisis. La dieta de las ranas estuvo constituida por 102 componentes de origen animal que pertenecen a ocho clases, 21 órdenes, 76 familias, 46 géneros y ocho especies. La mayoría fueron invertebrados y en menor proporción algunos vertebrados como peces de la familia Cichlidae y larvas de ranas de *Lithobates* sp., probablemente conespecíficos. Los componentes alimentarios que no pudieron ser determinados debido al avanzado estado de digestión fueron clasificados como restos animales indeterminados. Se encontró además materia mineral (arena y piedras pequeñas) en el 6.9 %, y materia vegetal (corteza, flores, tallos, hojas, folíolos y pastos) en el 29.1 % del total de estómagos analizados.

Hubo diferencias en la dieta según períodos de estiaje y lluvias; en los 32 estómagos de las ranas capturadas (15 hembras, 9 juveniles y 11 machos) en época de estiaje se registraron 54 componentes alimentarios. Insectos de las familias Noctuidae (Lepidoptera), Odonata y Opilionida del género *Leiobonum* sp., mostraron los PI más altos con 10.1 %, 6.4 % y 6.8 % respectivamente; sin embargo, por sus FO con 30.0 %, 5.0 % y 30.0 % respectivamente, fueron considerados como alimentos secundarios de acuerdo con el IA calculado (Mendoza-Estrada et al., 2008).

2.2. MARCO TEÓRICO

En el lago Titicaca y alrededores se tiene tres géneros de anfibios, que incluyen: *Bufo* (hoy *Rhinella*), *Gastrotheca* y *Pleurodema*, el género *Telmatobius* es el más difundido y ofrece notables variaciones sucesivas (Vellard, 1991).

2.2.1. Bioecología de *Telmatobius culeus*

a) Descripción de *Telmatobius culeus*

Telmatobius culeus es una rana grande y completamente acuática (74.82 a 137.95 mm de LHC), de cabeza grande y plana, hocico redondo, un disco dorsal grueso y bien desarrollado y prominentes pliegues de la piel (Benavides et al., 2002), presenta pulmones muy reducidos, menos de un tercio del tamaño que debería esperarse para otra rana del mismo tamaño (Allen, 1922 *cit op* AmphibiaWeb, 2017). Su respiración se da principalmente por la piel la cual presenta numerosos pliegues muy vascularizados sobre el dorso, los lados y en las extremidades posteriores, su cavidad bucal también está altamente vascularizada (Macedo, 1960), por ello se asume que su piel hace las veces de branquias en estos animales (Hutchinson et al., 1976).



b) Aspectos biológicos y ecológicos

Esta especie tiene la tasa metabólica más baja reportada (14.1 microlitros/gramo-hora) en condiciones no hipóxicas para cualquier rana y una de las más bajas entre todos los anfibios, solo unos pocos géneros de salamandras tienen tasas metabólicas tan bajas (Hutchison et al., 1976). La reproducción tiene lugar cerca de la zona litoral en aguas poco profundas (Stuart et al., 2008), siendo el tamaño de la puesta de unos 500 huevos (Pérez, 1996); en condiciones de estrés en cautiverio *Telmatobius culeus* secreta grandes cantidades de secreción pegajosa y lechosa (Allen, 1922).

Su respiración es sobre todo cutánea, favorecida por los numerosos pliegues de su cuerpo (los "baggines") que doblan su superficie respiratoria. Su piel gruesa muestra una vascularización intensa con verdaderos plexos que envían a la epidermis numerosos capilares que terminan a su vez por un infudíbulo en forma de ampolla, separados del exterior por una o dos células epiteliales (Vellard, 1951).

Este anuro fue muy común, sin embargo, debido a la masiva disminución de su población (más del 80% en los últimos quince años), *Telmatobius culeus* ahora está en peligro crítico (Benavides et al., 2002) y aunque se han ensayado programas de cría en cautiverio, estos no han tenido éxito (Pérez-Béjar, 2005). Parte de su hábitat se encuentra dentro de la Reserva Nacional del Titicaca, en ella también sus amenazas incluyen la recolección excesiva, la introducción de la trucha, la contaminación del agua y la pérdida del hábitat para su reproducción (Stuart et al., 2008), se desconoce si *Telmatobius culeus* es susceptible a la quitridiomycosis, pero esta enfermedad también presenta una amenaza potencial



(Stuart et al., 2008), ya que otras especies de *Telmatobius* si tienen reporte de esta enfermedad en los Andes (Catenazzi et al., 2010).

c) **Clasificación taxonómica** (AMNH, 2018)

Clase: Amphibia

Orden: Anura

Familia: Telmatobiidae

Género: *Telmatobius*

Especie: *Telmatobius culeus* (Garman, 1876)

Nombres comunes: Rana del Titicaca, kaira, kelle.

d) **Estado de conservación** (AmphibiaWeb, 2018; DS N° 004-2014-MINAGRI):

IUCN (Lista Roja) : En Peligro Crítico (CR)

CITES : Apéndice I

Nacional : En Peligro Crítico (CR)

Estado regional : Ninguno

e) **Filogenia del género *Telmatobius*** (Vellard, 1991)

Para clarificar la taxonomía de los *Telmatobius* del lago Titicaca Vellard (1991) presenta la Figura 2 reconociendo solo dos taxones principales, *Telmatobius marmoratus* y *Telmatobius culeus* y un cierto número de formas derivadas.

La bahía de Puno alberga una forma media (machos 40-60 mm; hembras 50-65 mm), de color dorsal gris plomo muy oscuro y el vientre es gris claro. Es la forma *punensis* VELLARD del norte del lago. Es reemplazada al sur por la forma



tipo de esta serie, *albiventris* PARKER, de tamaño un poco más grande (machos hasta 75 mm; hembra 80 mm), que se distingue a primera vista por el bello color anaranjado vivo de su vientre y las rayas de sus piernas, esta forma presenta un disco dorsal reducido, más marcado en los ejemplares grandes y vive en el Huiñaimarca y el tipo es de la isla de Taquiri.

Una forma de patas más largas es *parkeri* VELLARD vive en la laguna de Arapa al norte del lago Titicaca. Una última forma es *globulosus* VELLARD, originaria de la región occidental del Huiñaimarca (Copani), son pequeñas de unos 50 mm, la cabeza corta, más estrecha que el tronco, de cuerpo corto, las patas posteriores largas.

Las formas más grandes viven en aguas profundas (20 metros a más) y se presentan bajo dos formas diferentes: *culeus* del lago Titicaca y *escomeli* de lagos de mayor altura, a más de 4000 metros. *Culeus* sobrepasa los 130 mm, la cabeza casi tan grande como el tronco, baja y achatada, el cuerpo y las patas envueltos en grandes pliegues flotantes particularmente visibles en ejemplares conservados, dándoles un aspecto triste. En animales vivos, todos estos pliegues están rellenos de líquido, lo que dobla el volumen del animal. La espalda presenta un pequeño escudo duro, liso y grueso.

La forma *escomeli*, más o menos del mismo tamaño, es muy diferente a primera vista y tiene su centro de dispersión en el lago Lagunillas, situado a 4250 metros. Son de cabeza pequeña, estrecha y corta y media integrada en el escudo dorsal, de naturaleza colágena, duro y con un espesor de más de un dedo, da al animal en vida un aspecto circular; se ablanda y se reduce cuando se encuentra en líquido conservador. La forma *culeus* es de color gris verdoso con algunos puntos amarillos en la espalda, mientras que *Telmatobius escomeli* tiene una espalda de



color gris, marcada de raros puntos blanquecinos, más abundantes sobre el vientre donde forman a veces jaspeados grandes.

El tipo *culeus* proviene de la región de Copacabana. Otras poblaciones de tamaño un poco más reducido y de cabeza menos ancha, se encuentran en diversas partes profundas del lago, en Ccapia, Pomata, Arnantani. Las del río llave recibieron el nombre de *fluviatilis* y las de los lagos cercanos (Arapa, Azángaro y otros), un poco más pequeñas, constituyen la raza *lacustris*. Diversas poblaciones de *culeus* muestran variaciones numerosas que las asemejan a las de *escomeli*. Además, existe colonias mixtas en las cuales las dos formas se mezclan. En el río Coata, afluente del Titicaca y proveniente de Lagunillas, a 40 kilómetros del lago Mayor, fueron colectados al mismo tiempo, por ejemplo, 32 ejemplares de 100 a 125 mm. Al lado de algunos individuos de tipo *culeus* y *escomeli* bien marcado, el conjunto estaba constituido por una serie de intermediarios entre estas dos formas, esta población recibió el nombre de *dispar* VELLARD.

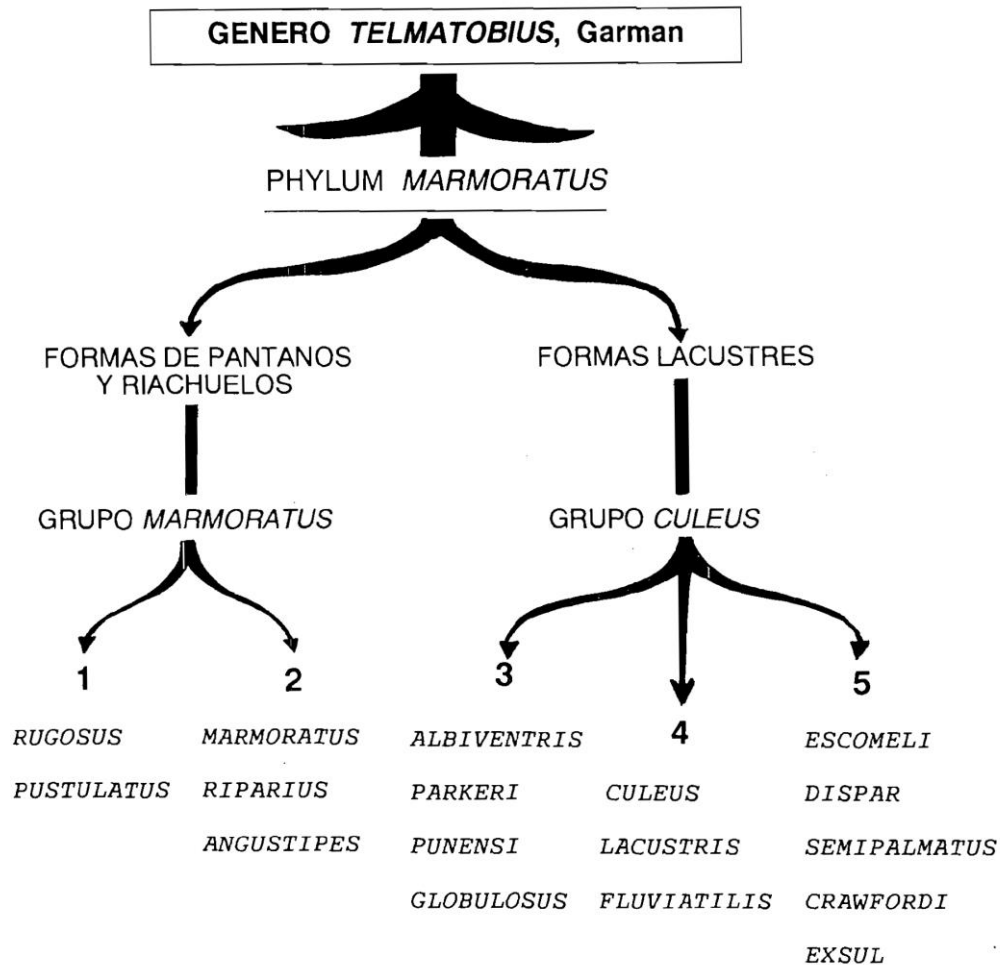


Figura 1. Clasificación del género *TelmatoBIUS* del lago Titicaca según Vellard (1991). 1: Formas con pústulas córneas - 2: Formas lisas - 3: Formas que viven en aguas poco profundas - 4: Formas que viven en aguas profundas - 5: Formas de alturas elevadas, excepto *TelmatoBIUS exsul* (2575 m).

f) **Distribución y hábitat**

TelmatoBIUS culeus se distribuye entre Bolivia y Perú, se encuentra al interior del lago Titicaca y en sus ríos tributarios, así como en lagunas a unos 70 km, por el lago Saracocha y se ha reportado un solo espécimen en una localidad de menor elevación (2500 msnm) a unos 200 km al este del lago Titicaca, cerca del río Yura (Benavides, 2002), adicionalmente con respecto al hábitat se ha reportado que *TelmatoBIUS culeus* prefiere profundidades entre 1.5 y 3 m, estando las mayores densidades a 1.5 m de profundidad promediando 0.15 ind/m² (Muñoz-Saravia et al., 2018).

En el lago Titicaca se distribuyen según las formas reconocidas para las dos especies de *Telmatobius* (*Telmatobius marmoratus* y *Telmatobius culeus*) y cada grupo ocupa lugares específicos, según se muestra en la Figura 3.

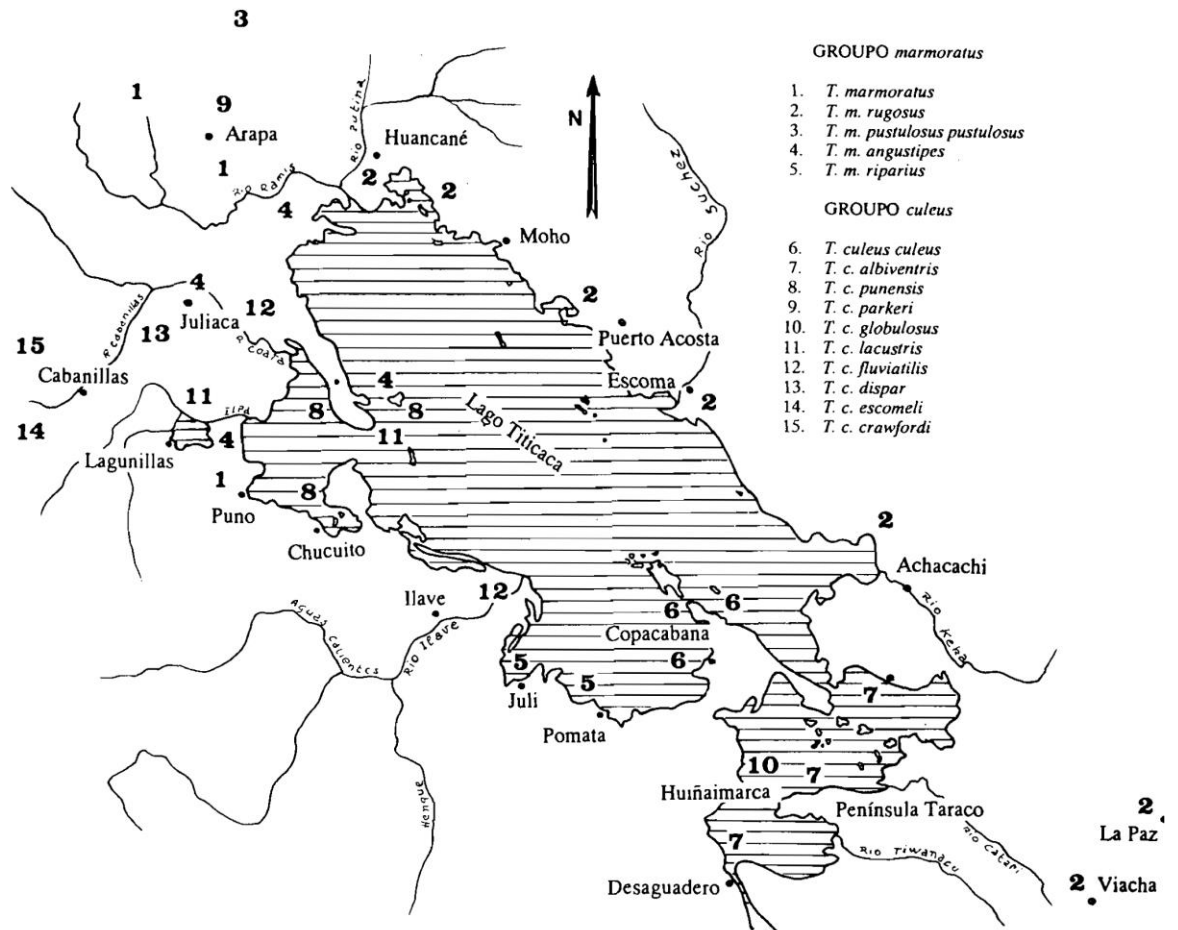


Figura 2. Distribución de las diferentes formas del género *Telmatobius* en el lago Titicaca (Vellard, 1991).

g) Evolución

Mediante análisis demográficos y filogeografía se reporta que *Telmatobius culeus* y *Telmatobius marmoratus* tiene alta conectividad hasta el último máximo glacial y probablemente la expansión poblacional de este último hacia otras zonas se ha debido a períodos lluviosos en el altiplano y cambios paleoclimáticos



recientes habrían modulado variaciones en la conectividad del hábitat y en los tamaños poblacionales (Victoriano et al., 2015).

Desde el punto de vista ontogénico, *Telmatobius culeus* proviene de la especie *marmoratus*, que ha colonizado los diversos medios de la región del Titicaca, subiendo hasta 5000 metros y sufriendo modificaciones adaptadoras tanto numerosas como variadas. Es difícil en un grupo tan multiforme, con innumerables intermediarios, establecer cortes específicos y subespecíficos definidos.

h) Alimentación

La dieta de gran mayoría anfibios adultos es carnívora, siendo sus principales alimentos araneidos, tipulidos, quironómidos, psychodidos y grillidos (Antoniazzi et al., 2013), además pueden incluir himenópteros, larvas y adultos de dípteros, formícidos, ácaros, coleopteros (Gómez-Fernández et al., 2013), así como caracoles, isópodos y termites (Narváez y Ron, 2013). Anuros adultos que tienen marcado comportamiento acuático como *Lithobates catesbeianus* se alimentan de oligoquetos, hirudineos (Oligochaeta), decápodos, otros anfibios (larvas y adultos) y peces, aunque su principal dieta lo constituyen los insectos (Leivas et al., 2012).

Referente a otras especies (cercanas a *Telmatobius culeus*), se reporta que la alimentación de *Telmatobius marmoratus* adultos en ríos está conformada principalmente de tricópteros en un 42%, crustáceos 16%, coleópteros 7.5%, dípteros 6%, además de moluscos, plecópteros, peces y otros anfibios pequeños (Vidal y Labra, 2008); así mismo para el sapo del altiplano *Rhinella spinulosa* se ha determinado que principalmente es omnívoro ya que un tercio de su contenido



estomacal está conformado por vegetales, el resto son animales que incluyen artrópodos (89%), además de anélidos, moluscos e incluso vertebrados (Gutiérrez et al., 2008). Por otro lado la especie *Pleurodema thaul* tiene como dieta principal artrópodos y en menor magnitud vegetales, pero presenta una amplia diversidad de ítem presas (37 taxa), el mayor índice de importancia relativa (IRI) lo representa dípteros, anfípodos y arácnidos, constituyendo el 50% de su dieta (Díaz-Páez y Ortiz, 2003) y contrariamente *Pleurodema nebulosum*, tiene un régimen alimenticio conformado principalmente por himenópteros, hemípteros y coleópteros, con baja diversidad en sus ítems alimentarios por lo que se asume que se trata de una especie muy especializada (Sanabria et al., 2007).

i) **Importancia económica y cultural**

Sotelo (Sotelo, 1985) reportó que *Telmatobius culeus* constituye un alimento no tradicional de alto valor biológico debido a su composición bromatológica, siendo esta la siguiente: proteína 12.9%, grasa 1%, calorías 72.4 kcal/100 g, calcio 35.1 mg/100 g, fósforo 350 mg/100 g, hierro 6.5 mg/100 g; además presenta ocho aminoácidos esenciales.

Apaza (2001), indica que su carne es muy cotizada en ciudades como Lima, Arequipa, Tacna, por lo que pobladores del Titicaca enfatizan su captura; en estos lugares son utilizadas para preparar extractos o jugos de rana al cual le atribuyen propiedades medicinales, nutritivas y afrodisiacas.

Dejoux e Iltis (1991) señalan que la importancia cultural de las ranas o kairas, radica en que están asociados a la fecundidad; con los ejemplares grandes se preparan caldos para la anemia, astenia, tuberculosis y esterilidad femenina y se asocia con la lluvia en casos de sequía prolongada.



2.2.2. Fundamentos de ecología trófica

Los anfibios ocupan una posición trófica importante en los ecosistemas terrestres y acuáticos al controlar las poblaciones de muchos organismos, especialmente invertebrados, y también sirven como presa para muchos organismos (Wells, 2007). Como ectotermos, no generan calor metabólicamente y gastan poca cantidad de energía en comparación con los endotermos: aproximadamente el 50% de la energía consumida por los anfibios se convierte en crecimiento y reproducción (alrededor del 2% en endotermos), que luego se transfiere al siguiente nivel de la cadena alimentaria (Crump, 2010). En general, la dieta de los anuros está influenciada por rasgos morfológicos, como el tamaño del cuerpo o la forma del cráneo (Biavati et al., 2004), factores fisiológicos, como la demanda de energía, y la disponibilidad de recursos alimenticios en el medio ambiente (López et al., 2007).

Estudios muestran que el tamaño del predador explica las variaciones en la abundancia y el volumen de presas, y concluye que se espera que los individuos más grandes se alimenten de presas más grandes y en mayor cantidad (López et al., 2007). En general, este efecto está relacionado con diferencias ontogenéticas en la morfología, fisiología y comportamiento y otro factor importante en la dieta de las ranas es la demanda de energía, que puede variar según las estaciones o los sexos (Sugai et al., 2012).

a) **Ecología alimentaria y nicho trófico**

La nutrición es un proceso indispensable para el mantenimiento de las funciones vitales de los organismos y se basa en la asimilación adecuada de los alimentos adquiridos en un determinado periodo de tiempo. Cuando los recursos alimentarios son escasos, la nutrición puede verse seriamente comprometida, lo que afecta a los procesos fisiológicos (Van Dyke et al., 2014). En un escenario



ecológico la cantidad de energía almacenada influye directamente sobre el mantenimiento, el crecimiento, la supervivencia y la reproducción (Hare et al., 2006). Por lo tanto, un mayor entendimiento del grado de variación de la dieta en las poblaciones naturales permite una mayor comprensión de la amplitud y solapamiento de la dimensión trófica del nicho, que son esenciales para la estabilidad y complejidad de las propiedades emergentes de las comunidades (Zamora-Abrego y Ortega-León, 2016).

La amplitud (diversidad de las presas consumidas) y solapamiento (similaridad de la dieta) del nicho trófico son medidas importantes para un mejor entendimiento de las relaciones tróficas de una comunidad; se ha visto que el solapamiento en las comunidades varía a través del tiempo, anual y estacionalmente, disminuyendo en los períodos de relativa escasez de alimento y estas medidas han sido ampliamente utilizadas como índices para estimar tales relaciones en anuros; una comunidad con mayor cantidad de recursos compartidos, o mayores valores de solapamiento, puede sostener más especies que una con menor cantidad (Menéndez-Guerrero, 2001).

Los depredadores ejercen una fuerte presión sobre poblaciones de nivel trófico inferior en las comunidades, por ello los estudios de ecología sobre el análisis de la alimentación y hábitos alimentarios son aspectos que mayor información ecológica proporcionan y del mismo modo la descripción de la trama trófica permite entender cómo se produce el flujo de la energía entre poblaciones heterogéneas de la comunidad (Guevara et al., 2007).



b) **Importancia de estudios en ecología trófica**

Para estimar el funcionamiento trófico de un ecosistema acuático, o sea, el conjunto de relaciones de depredación y competencia entre organismos, son útiles los estudios enfocados a la dieta y hábitos alimenticios, lo cual conlleva a entender también aspectos de la biología, ecología y fundamentalmente para un mejor entendimiento del rol funcional del necton en los diferentes ecosistemas acuáticos (Trujillo et al., 2016). Según Silva et al. (2014) analizar el contenido estomacal permite estimar como estos utilizan los recursos disponibles en su medio, cual es la posición que ocupan en la red trófica y a nivel de interacciones biológicas si compiten por recursos con otros organismos. Además, el alimento ingerido por cada individuo puede indicar las adaptaciones morfo-fisiológicas, el tipo de oferta alimenticia (alóctona y/o autóctona) y del espacio-temporal del medio en el que se desenvuelven (Celis y Velásquez, 2006).

El desarrollo de estrategias de conservación exitosas para especies en peligro de extinción depende en gran parte de la evaluación de sus requerimientos ecológicos y del análisis de las causas de amenaza y su conservación a largo plazo depende, en gran medida, de información ecológica sólida que sirva de base para diseñar estrategias de manejo adecuadas (Amín et al., 2006). Un punto fundamental en este proceso es entender cuáles son los factores causales de la variación de la densidad en las poblaciones de jaguares y para ello, es indispensable determinar las especies que conforman su dieta y la disponibilidad de las mismas, con relación a factores ambientales naturales como el tipo de hábitat o estación del año (Novak et al., 2005).

El conocimiento de la dieta de las especies permite describir las interacciones y la forma en la que se encuentran organizadas las especies al



interior de un nicho ecológico en su eje trófico, con base en el alimento que consumen (Morales y García-Alzate, 2018). También, permiten reconocer la amplitud del nicho trófico. En estudios de ecología alimentaria es necesario abordar interrogantes como: ¿qué consumen?, ¿dónde?, ¿cómo lo hacen? y ¿cuál es la magnitud de la variación de la dieta con relación al tamaño? Y dentro de ello considerar además variaciones entre sexos y condiciones hidrológicas (Abelha et al., 2001).

c) **Anuros generalistas y especialistas**

En general se considera que los anuros tienen una dieta generalista; sin embargo, esta “definición” ha tenido un enfoque taxonómico, basado en el análisis supragenérico de presas consumidas. Estudios en los que se identifiquen a las presas hasta la menor categoría taxonómica posible, por ejemplo, hasta géneros y especies, pueden cambiar esta visión (Menéndez-Guerrero, 2001). Miembros de la familia Bufonidae como el complejo de especies *Bufo margaritifera* e hílidos como *Sphaenorhynchus lacteus* incluyen un altísimo porcentaje de hormigas en sus dietas (Parmelee, 1999).

d) **Factores que influyen en la dieta de anuros**

Muchos estudios han correlacionado a la dieta de anfibios con factores como tamaño de la presa y predador, número y volumen de presas consumidas, cambios ontogénicos y comportamiento de presas y predadores (Menéndez-Guerrero, 2001). Inclusive la dieta ha sido relacionada con la toxicidad de ciertas especies (Caldwell, 1996). También se ha reportado que ciertas especies de *Eleutherodactylus* seleccionan sus presas con relación a su abundancia (Premo y



Atmowidjojo, 1987). Recientes investigaciones hablan sobre la existencia de gremios alimenticios en comunidades de anuros. Por ejemplo, en Cuzco-Amazónico, las especies que habitan en la hojarasca se distribuyen en dos gremios: los especialistas en hormigas/termitas y los especialistas en presas más grandes (Parmelee, 1999). Pero, la importancia de la dieta en los anfibios va más allá de la satisfacción de requerimientos energéticos ya que su defensa frecuentemente está relacionada con la producción de químicos tóxicos en la piel o glándulas paratoides (Daly et al., 1987).

e) **Relación entre la morfología y la dieta de anuros**

En anuros tradicionalmente se ha correlacionado al tamaño de la presa con el tamaño del predador; sin embargo, la forma de la cabeza también está correlacionada a la dieta (Parmelee, 1999). Especies con diferentes dietas poseen diferencias morfológicas y diferentes comportamientos de alimentación. Por ejemplo, anuros que consumen presas relativamente pequeñas y lentas poseen mandíbulas cortas y ciclos simétricos de alimentación, es decir que el tiempo invertido en atrapar a la presa es igual al tiempo en llevar a la presa hacia su boca. En su lugar, anuros que consumen presas relativamente grandes y lentas poseen mandíbulas grandes y ciclos asimétricos de alimentación (Emerson, 1985). Las principales medidas de la cabeza correlacionadas positivamente con el número y tamaño de las presas son el largo mandibular y el ancho de la cabeza (Parmelee, 1999).

A medida que los anuros crecen van cambiando el tipo y tamaño de presa consumida, así las diferencias existentes en la dieta entre juveniles y adultos son



también importantes para comprender las relaciones tróficas entre especies (Menéndez-Guerrero, 2001).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO Y PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS

Los ejemplares estudiados procedieron del ámbito de la bahía de Puno del lago Titicaca, zonas de Yapura y Llachón en el sector de Capachica, obtenidos en los meses de febrero, mayo, junio y julio (épocas lluviosa, transitoria y seca) del año 2019, desde hábitats de zona litoral y pelágica, donde con frecuencia los pescadores colocan sus redes de pesca, cuyas coordenadas UTM referenciales fueron 0412765 – 8261887 y una altitud de 3810 msnm. Los ejemplares de *Telmatobius* fueron obtenidos desde redes en las que accidentalmente cayeron, cuando los pescadores las colocaron para capturar peces como carachis y otros, los cuales fueron aprovechados para el presente estudio.

El área constituye la Zona de Amortiguamiento de la RNT y se caracteriza por presentar aguas claras predominando vegetación sub acuática como *Eloдея potamogeton*, *Potamogeton strictus*, *Zanichellia palustris* y *Myriophyllum* y presencia de totorales ralos (*Schoenoplectus tatora*), principalmente en la zona más cercana a las orillas (Figura 3).



Figura 3. Ámbito de estudio y procedencia de las muestras de *Telmatobius culeus*, zonas de Yapura y Llachón en el sector de Capachica, Google Earth 2019.

3.2. DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN ALIMENTICIO Y DIETA DE *Telmatobius culeus*.

a) Método de Campo

Se obtuvieron especímenes de *Telmatobius culeus* procedentes del ámbito de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional del Titicaca (RNT), en la jurisdicción del sector de Capachica (zonas Yapura y Llachón), a partir de capturas accidentales en redes de pescadores artesanales. Considerando que los ejemplares suelen estar agonizantes e incluso muertos, a la brevedad y en el mismo lago (en embarcaciones) se colocaron en una solución de formol al 10% para su respectiva fijación y además evitar que continúen los procesos digestivos y se pierda el contenido alimenticio. Luego estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ciencias Biológicas de la



Universidad Nacional del Altiplano para realizar los respectivos análisis y caracterizar su ecología trófica.

Se obtuvo un total de 89 ejemplares obtenidos en los meses de febrero, mayo, junio y julio del 2019 (aproximadamente 20 por cada mes).

b) **Metodología de Laboratorio**

En laboratorio se realizaron evaluaciones biométricas de la rana del Titicaca, determinando la longitud total (hocico-cloaca, LHC) de cada ejemplar con un calibrador (Vernier) digital de precisión 0.01 mm y luego se pesaron en una balanza digital de precisión 0.0001g (Antoniazzi et al., 2013). En seguida se procedió a la disección haciendo una incisión desde la cintura escapular hasta la porción terminal del abdomen, para depositar luego el tracto digestivo completo en tubos Eppendorf de 1,5 mL con etanol al 70% (Gómez-Fernández et al., 2013), previamente pesado y convenientemente rotulado, registrando fecha y zona de procedencia. Posteriormente se extrajo el contenido alimenticio y se pesaron ambos por separado nuevamente. Además, al estómago se le midió el ancho y largo con ayuda del vernier para determinar su capacidad volumétrica por aproximación de la forma del estómago con un elipsoide según su fórmula correspondiente (Magnusson et al., 2003). Luego se procedió a realizar los análisis del contenido alimenticio del material estomacal. Cabe indicar que al momento de ser estudiados los estómagos fueron secados con papel absorbente y pesados limpios de tejido adiposo y pleuras en balanza analítica.

Los contenidos estomacales fueron colocados sobre placas Petri y bajo un estereoscopio se cuantificaron y clasificaron los ítems alimentarios, conformado principalmente por macroinvertebrados, hasta el menor nivel taxonómico posible,



identificándolos taxonómicamente con ayuda de claves dicotómicas (Dejoux e Iltis, 1991). En la descripción de los ítems alimentarios se procuró llegar hasta género, o caso contrario a familia u orden. Además de registrar organismos invertebrados se tuvo en cuenta la presencia de plumas, plantas y piedras, considerados como ingestiones accidentales, aunque no se consideraron en los análisis.

Extraídas e identificadas las presas del contenido estomacal, se contabilizó el número encontrado por ítem alimenticio y luego cada uno fue medido en su longitud total y ancho máximo del cuerpo con el calibrador digital y estas medidas fueron utilizadas para estimar su volumen usando la fórmula de esferoide (López et al. 2007):

$$V_e = 4/3 \pi (1/2 L) (1/2 A)^2$$

Donde: V_e =volumen de la presa; $\pi=3.1416$; L =longitud máxima de la presa; y A =ancho máximo de la presa. Se considera la longitud y el ancho máximo del cuerpo de la presa descartando apéndices como antenas, patas, ovipositores u ornamentaciones (Parmelee 1999) y para las presas semidigeridas y desarticuladas, su tamaño original se estimó con presas referenciales (Cuevas & Martori, 2007).

La contribución real de cada categoría de alimento (ítem alimenticio) a la dieta de *Telmatobius culeus* se determinó aplicando la fórmula del Índice de Importancia relativa (IRI) según Pinkas et al. (1971):

$$IRI = \% FO (\% N + \% V)$$

Dónde: %FO es la frecuencia de ocurrencia porcentual de la categoría de alimento en los tractos digestivos analizados, %N es el porcentaje numérico de la categoría de alimento y %V el porcentaje volumétrico de la misma. Para facilitar

la interpretación del IRI, estos se expresaron en porcentajes (IRI%) (Cuevas & Martori 2007, Loza-Del Carpio et al., 2016). La frecuencia de ocurrencia se calculó mediante la siguiente expresión matemática:

$$\%FO = n/N * 100$$

Y el porcentaje en número:

$$\%N = Nn/Nt * 100$$

Dónde: n = número de estómagos que presentan la presa i , N = número total de estómagos analizados; Nn = número de ítems de presa del taxón n , Nt = número total de ítems de presas de todos los taxa de presa.

Para determinar la preferencia alimenticia de los anfibios se utilizó el Índice de Importancia por Ítem (IVI) propuesto por Obertel & Holisová (Obertel & Holisová, 1974), según la siguiente relación:

$$IVI = \frac{\left(100 * \frac{f}{\sum f}\right) + \left(100 * \frac{v}{\sum v}\right)}{100}$$

Donde f = frecuencia, v = volumen. La sumatoria indica el total de frecuencias o del volumen.

Adicionalmente, se estimó la importancia de cada ítem alimentario para *Telmatobius culeus*, mediante el Índice de importancia (Powell et al. 1990) a través de la siguiente la fórmula:

$$Ix = (\% \text{ Número} + \% \text{ Volumen} + \% \text{ Frecuencia}) / 3.$$

Luego se calculó la amplitud del nicho trófico (ANT) a partir del Índice de diversidad de Shannon Weaver (H'), por medio de la siguiente ecuación:

$$H' = (-\sum p_i \ln p_i)$$

Donde, p_i es el número de individuos del i ésimo componente trófico por el total de organismos de la muestra. La proporción de la diversidad observada se

comparó con la máxima diversidad esperada por medio del índice de equidad de Pielou (J') (Krebs, 1998):

$$J' = H'/H_{max}$$

Donde, H_{max} es el logaritmo natural del número de componentes tróficos por muestra. Los valores del índice tienen un rango de cero (0) a uno (1), cuando son menores a 0.6 el depredador se considera especialista, cercanos a 1 o mayores de 0.6 su espectro es generalista.

Se usó el coeficiente de vacuidad (V) (Hyslop, 1980) para conocer el nivel de consumo de alimentos que tiene la muestra total de anfibios analizados, aplicando la siguiente ecuación:

$$V = (n/N)*100$$

Donde, n es el número de estómagos vacíos y N el número de estómagos totales examinados.

Para estimar la cantidad de alimento que debe consumir *Telmatobius culeus*, se calculó el cociente de repleción estomacal (CRE) con la siguiente expresión matemática (Angelescu, 1980):

$$CRE = (P_a * 100)/Pt$$

Donde P_a es el peso del alimento y Pt el peso total del individuo. Este valor permitió expresar el peso del alimento como una proporción del peso total del individuo y es un indicador del nivel de saciedad del individuo. Las escalas fueron: $CRE < 0.5$ (estómagos vacíos o con poco alimento); $CRE = 0.51 - 1.00$ (estómagos escasamente llenos); $CRE = 1.01 - 6.00$ (estómagos casi llenos); $CRE > 6$ (estómagos llenos).

A partir de la FO de cada componente alimentario se calculó el índice de Albertaine (IA), al ser dividido entre 100 m y se comparó con una escala donde

los valores de 0 a 0.10 ubican al componente alimentario como ingerido en forma accidental, valores de 0.11 a 0.50 indican una ingestión ocasional o secundaria y valores de 0.51 a 1.0 indican alimentos ingeridos en forma preferente (Mendoza-Estrada et al., 2008).

Se utilizó el índice de Jacard para determinar la similitud en la dieta de *Telmatobius culeus* según épocas de evaluación, mediante la siguiente ecuación:

$$IJ = C/A+B+C * 100$$

Dónde: *IJ* es el índice de Jacard, *A* = número de especies en la época A, *B* = número de especies en la época B y *C* = número de especies comunes en ambas épocas. EL índice es 0 si no comparten especies y 1 cuando comparten todas.

Se compararon también los tamaños corporales de *Telmatobius culeus* realizando evaluaciones biométricas en cuanto al peso y tamaño de los anfibios (Figura 4), así como el peso y volumen de los estómagos por cada época (mes) de evaluación.

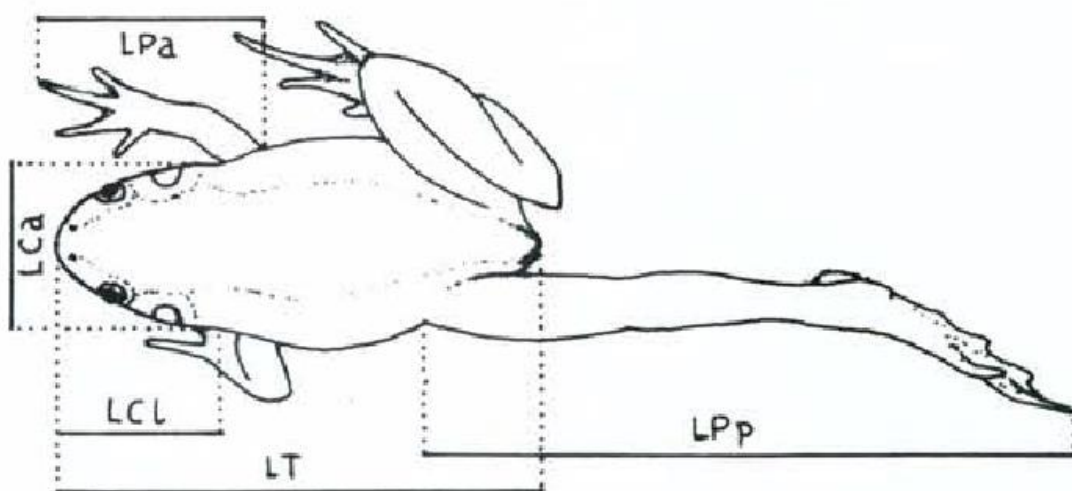


Figura 4. Biometría de un anfibio: LT = Longitud total; LCa = Longitud de la cabeza (ancho); LCL = Longitud de la cabeza (largo); LPa = Longitud pata anterior y LPP = Longitud pata posterior (Narváez y Ron, 2013).



c) Análisis Estadístico

Se realizó análisis de regresión lineal entre el volumen de los estómagos y el peso del alimento consumido; también se realizó regresiones entre la longitud media de las presas y la longitud de adultos del anfibio, para verificar la probable relación entre ambas variables. Así mismo se realizaron análisis de varianza en diseño bloque completo al azar (ANOVA – DBCA) para IRI según especies de ítems alimenticios consumidos y época (mes) de evaluación y prueba de medias de Duncan, cuando se presentaron diferencias significativas al análisis. Similarmente ANOVA en DBCA para la cantidad de presas consumidas según especies presa y épocas.

Los análisis de correlación Spearman se realizaron para determinar los niveles de asociación entre el tamaño del predador y la presa, considerando también variables biométricas como longitud del predador y de las presas (LHC).

Cuando fue necesario, para cumplir los requisitos del análisis estadístico, las variables se transformaron mediante una de las siguientes fórmulas: $\log(x+1)$ o $x^2 - 0.5$ ó $\text{Log}10$ para lograr asunciones de pruebas paramétricas (Antoniazzi et al., 2013). El nivel de probabilidad para todas las pruebas fue de $p > 0.05$.

3.3. IDENTIFICACIÓN DE LA OFERTA TRÓFICA DE *Telmatobius culeus*

La oferta trófica está referida a la abundancia y diversidad de alimento que se encuentran en el hábitat de *Telmatobius culeus* de donde fueron colectados. Estos hábitats para este fueron cuatro, ubicados en inmediaciones de las zonas de Yapura y Llachón en el sector Capachica, siendo: zona pelágica del lago, zona bentónica, zona litoral y zona terrestre, adyacente al lago (Figura 3).



Este análisis además nos proporciona información si la dieta de esta especie es principalmente oportunistas o selectivas. La composición de la dieta puede ser semejante a la oferta de invertebrados del medio (presas), y esta dieta puede ser considerada oportunista, ya que consumiría en mayor proporción lo más abundante en su ambiente. En caso contrario, si la composición de la dieta es significativamente diferente a la oferta de recursos alimentarios de su medio, este anfibio estaría seleccionando activamente las presas que consume (Pérez y Balta, 2011).

En ese sentido, se realizaron muestreos y colectas de macroinvertebrados en cercanías a los lugares de procedencia de los especímenes de *Telmatobius culeus*, con la finalidad de caracterizar la estructura de esta comunidad, considerando riquezas de especies y abundancias relativas por especie y por hábitat acuático, las que constituyen potenciales fuentes de alimentos y presas para la rana del Titicaca. Se realizaron en total 04 evaluaciones por cada hábitat (concordante con las del mismo número de evaluaciones de ecología trófica y fechas de colecta de los anfibios), utilizando en este caso embarcación con motor fuera de borda.

El método de muestreo fue distinto por cada tipo de hábitat, según se detalla a continuación:

- Zona bentónica. Las colectas de macroinvertebrados se realizaron mediante una draga Elkman (500 cm²) dispuestas aleatoriamente en el ámbito de evaluación y en cada una de ellas se registró la profundidad, las coordenadas y la distancia a la orilla, realizándose 10 lanzamientos en cada una de las cuatro fechas de evaluación. Las muestras de invertebrados extraídas fueron vertidas sobre un tamiz de 2 mm de luz, desde donde se separaron los organismos para luego ser colocados en frascos viales convenientemente rotulados (lugar, fecha,



coordenada, número de muestra). En laboratorio fueron separados, contabilizados e identificados hasta el nivel taxonómico más específico posible.

- Zona pelágica. Con una red tipo chinguillo (30 cm diámetro y mango de 1.5 m) se realizaron 10 barridos en la zona de procedencia de los anfibios, por cada una de las cuatro fechas de evaluación. Los individuos capturados fueron colocados también en frascos viales rotulados y llevados a laboratorio, para posteriormente seleccionarlos, identificarlos y cuantificarlos. Se registró también la abundancia (número de organismos) por especie.
- Zona litoral. Del ámbito de procedencia de los anfibios, en zonas con presencia de vegetación macrofítica y cercanos a la orilla (no más de 20 m), se muestrearon plantas acuáticas que incluyeron especies de los géneros *Potamogeton*, *Elodea*, *Myriophyllum*, extrayéndolas con ayuda de un trinquete para luego colocarlas en bolsas de polietileno de 80 x 50 cm, en un volumen que logre ocupar toda la bolsa de manera holgada. Luego las bolsas con el contenido de macrófitas se llevaron a la orilla y se vertió sobre una manta plástica de 2 x 2m y desde allí fueron separadas las muestras de macroinvertebrados y colocadas en tapers de 250 mL con una solución de alcohol 70° para luego llevarlas a laboratorio previamente rotuladas. Se realizaron en total cinco muestreos por cada una de las cuatro fechas de evaluación. En laboratorio se identificaron y cuantificaron los macroinvertebrados por cada punto de muestreo para su respectivo registro.
- Zona terrestre. En zonas adyacentes al lago, también en el ámbito de captura de los anfibios, se colocaron 10 trampas de caída tipo Barber (vasos de plástico de 250 mL) 10 cm de alto) en cada una de las cuatro evaluaciones, de forma paralela y a unos 5 m de la orilla. Las trampas fueron enterradas en el sustrato, con un contenido de agua y detergente para romper la tensión superficial y capturar



invertebrados terrestres, estas estuvieron activas tres días para luego recolectar los especímenes capturados en cada una de las cuatro evaluaciones respectivas. Se consideró evaluar este hábitat debido a que adultos de *Telmatobius culeus* suelen salir durante las noches a tierra en busca de alimento de origen terrestre (Icochea et al., 2004).

a) **Análisis Estadístico**

Con los datos de abundancia y diversidad de invertebrados se calculó índices de diversidad de Shanon y Simpson, así como índices de similitud de Jacard entre los cuatro hábitats. Para validar y valorar la oferta trófica para *Telmatobius culeus*, se realizó también la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar los datos de diversidad Shanon, Simpson y Sorensen del contenido estomacal y de la oferta trófica (invertebrados de su hábitat). Finalmente se realizaron análisis de correlación Spearman entre la diversidad de los hábitats y la diversidad de los ítems alimentarios obtenidos del análisis del contenido estomacal en *Telmatobius culeus* para asociar la influencia de la oferta trófica sobre el alimento seleccionado por los anfibios.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con los softwares SPSS v22 y PAST 326B, previa organización y sistematización de datos en Excel.

b) **Índice de Selectividad y Preferencia de Presa**

Para conocer la preferencia por la selección de presas de *Telmatobius culeus* desde su entorno ambiental, se utilizó el índice de Strauss (1982), determinado mediante la siguiente relación matemática:

$$I_{ps} = P_c - P_d$$



Dónde: I_{ps} = Índice de preferencia en la selección de presas, P_c = proporción de presas consumidas por el predador, P_d = proporción de presas disponibles al predador en su hábitat. Además, se tienen en cuenta que:

$$P_c = P_{xc} / P_x$$

$$P_d = P_x / P_n$$

Dónde: P_{xc} = número de presas x consumidas por el predador; P_x = número total de presas x disponibles y P_n = número total de todos los tipos de presas disponibles. Según el índice, la preferencia de presa varía de -1.0 a $+1.0$; valores positivos indican preferencia de presa, valores negativos indican que se trata de una presa ignorada o evitada relativamente y un valor $I_{ps} = 0$, nos indica que se trata de una predación al azar. Se presenta máxima preferencia cuando $P_c = 1$ y $P_d = 0$; y máxima ignorancia de presa e inclusive rechazo cuando $P_c = 0$ y $P_d = 1$.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPOSICIÓN DE LA DIETA Y ECOLOGÍA TRÓFICA DE *Telmatobius culeus*

4.1.1. Relación entre tamaño de individuos de *Telmatobius culeus* y sus presas

Con la finalidad de conocer si el tamaño de presas tiene relación con el tamaño de los individuos de *Telmatobius culeus*, se aplicó un análisis de regresión lineal, asumiendo que individuos grandes comerían preferencialmente presas grandes también. Sin embargo, no se encontró relación en este aspecto, tal como lo evidencia la Figura 5, donde el coeficiente de determinación solo llega a un 7% y el valor $r = 0.27$ indica escaso o nulo nivel de asociación. Esto implica que individuos grandes pueden predar tanto presas grandes o pequeñas en proporción a su cuerpo y similarmente ejemplares de *Telmatobius culeus* relativamente pequeños también consumirían presas con mucha variación en tamaño. Y esto también es así ya que la mayoría de ítems alimentarios o presas disponibles, son de un tamaño pequeño, que pocas veces superan 1 cm de longitud, y estas dimensiones son accesibles inclusive para adultos de *Telmatobius culeus* con tamaño relativamente pequeño.

Así mismo, con la biometría del volumen de los estómagos de *Telmatobius culeus*, se determinó el nivel de asociación con el peso del alimento consumido, determinándose en efecto una elevada correlación ($r = 0.81$), concluyéndose que el mayor volumen del estómago, determina en un 66% la cantidad de alimento que ingieren. Esta afirmación se explica claramente con la Figura 6.

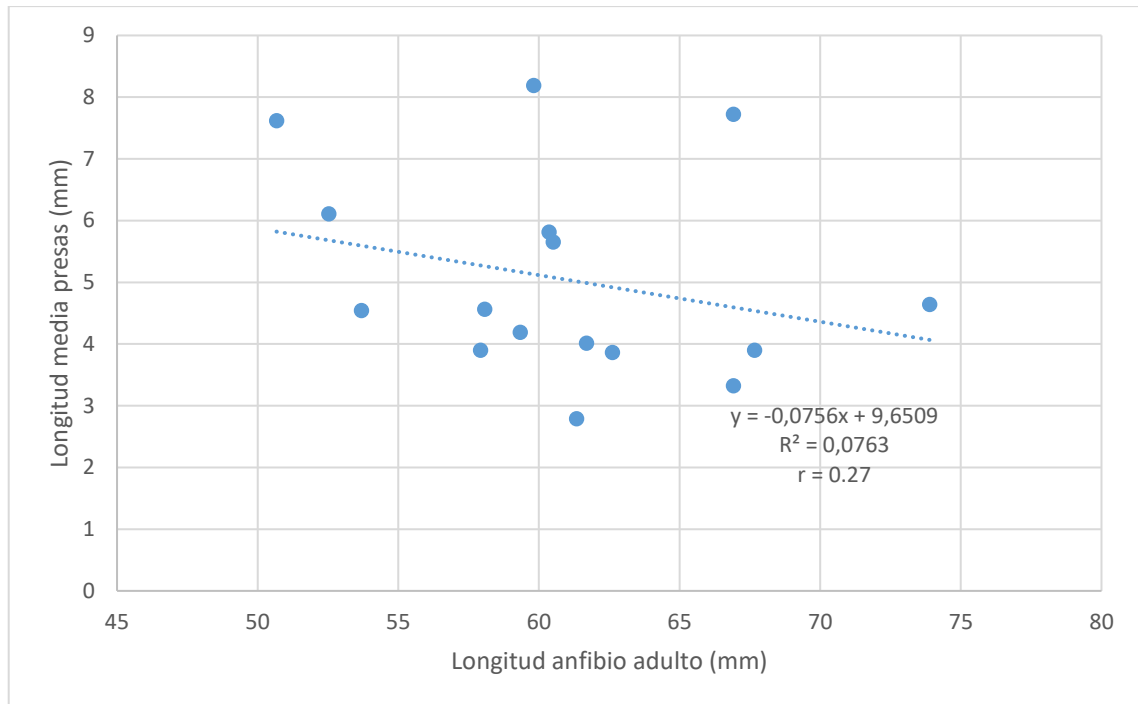


Figura 5. Regresión lineal entre la longitud total de *Telmatobius culeus* y el tamaño promedio de presas obtenidas de su contenido estomacal (Elaboración propia, 2019).

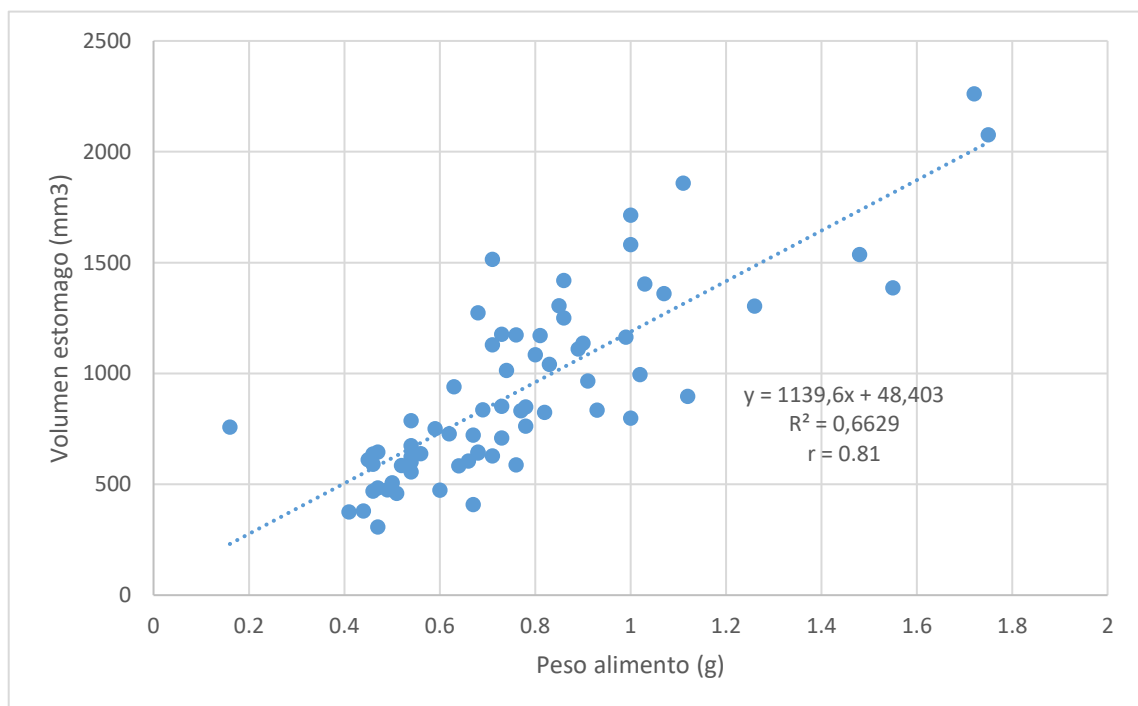


Figura 6. Regresión lineal entre el volumen estomacal de los individuos de *Telmatobius culeus* con el peso de alimento que ingieren (Elaboración propia, 2019).

4.1.2. Parámetros generales de ecología trófica

La evaluación del contenido estomacal de adultos de *Telmatobius culeus* nos permitió en primera instancia establecer algunas características de su ecología trófica. Se evaluaron un total de 89 individuos o estómagos examinados, de ellos un total de 20 no tuvieron ningún contenido estomacal (vacíos), por lo que se tiene un coeficiente de vacuidad promedio de 22.09%. Comparando entre épocas de muestreo se tiene que el mayor índice de vacuidad fue en el cuarto muestreo (julio), quizás porque en dicha época se dan condiciones de frío extremo y disminución de presas por lo que ello se evidencia en un menor nivel de consumo. Esto también lo explica la menor abundancia total de presas, que en el tercer y cuarto muestreo llegó a alcanzar sólo 70 y 83 individuos respectivamente, a diferencia de febrero y mayo que superaron más de 150 presas cada uno. El índice promedio de Simpson 0.74 explica también que existió una mayor prevalencia por consumir pocas especies presa (en las que resalta *Hyaella*) y el índice de diversidad de Shanon Weaver 1.61 en promedio, indica una baja diversidad de especies que conforman normalmente la dieta de *Telmatobius culeus* (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de los individuos muestreados de *Telmatobius culeus* y condiciones generales de su ecología alimentaria (Elaboración propia, 2019).

PARÁMETRO	Febrero	Mayo	Junio	Julio	PROMEDIO
Vacuidad (%)	23.30	14.28	16	34.78	22.09
Amplitud nicho trófico	0.68	0.60	0.90	0.83	0.75
CRE	1.57	1.36	1.61	1.64	1.55
Simpson	0.69	0.67	0.81	0.78	0.74
Shanon Weaver	1.42	1.32	1.97	1.72	1.61
Riqueza de especies (n)	8	8	9	8	8.25
Abundancia total presas (N°)	172	156	70	83	120.25
NE (estómagos examinados)	20	21	25	23	22.25
NE vacíos	4	3	5	8	5.00
NE con contenido	16	18	20	15	17.25



El coeficiente de repleción estomacal (CRE) promedio de 1.55, refiere que los estómagos de los individuos muestreados tuvieron la condición de casi llenos, es decir tuvieron una importante y suficiente cantidad de alimento todos los individuos que tuvieron contenidos alimenticios, por lo que se puede asumir que la disponibilidad de presas para *Telmatobius culeus* fue constante en todos los meses evaluados. La amplitud de nicho promedio de 0.75 refiere que esta especie es básicamente generalista, cotejando con el índice de amplitud de nicho trófico de Pielou. En la Tabla 1 también se observan estas características de la ecología trófica de *Telmatobius culeus*, y en la Figura 7 se puede apreciar que la mayoría de individuos superan el límite de estómagos casi llenos y unos pocos (los que están debajo de la línea) tienen la condición de escasamente llenos.

La Tabla 1 también muestra algunas variaciones que existieron en los parámetros de ecología trófica con respecto a épocas. Por ejemplo, la amplitud del nicho trófico, fue ligeramente mayor en los meses de junio y julio (tercer y cuarto muestreo), quizás porque en esta época hubo menor disposición de presas preferidas y los anfibios consumieron todo lo disponible, y por ello en ese momento también hubo mayor diversidad en los contenidos estomacales, según el índice de Shanon. En general, la riqueza de especies fue muy uniforme y baja, alcanzando sólo ocho (08) especies en tres meses y nueve especies en uno de los meses (junio). Esto permite concluir que, si bien en febrero y mayo hubo mayor abundancia de presas, estas fueron principalmente *Hyaella*, en cambio en junio y julio las poblaciones de este crustáceo disminuyeron y los individuos de *Telmatobius culeus* tuvieron que elegir además otras especies, por ello aparece mayor diversidad en junio y julio, pero mayor abundancia en febrero y mayo.

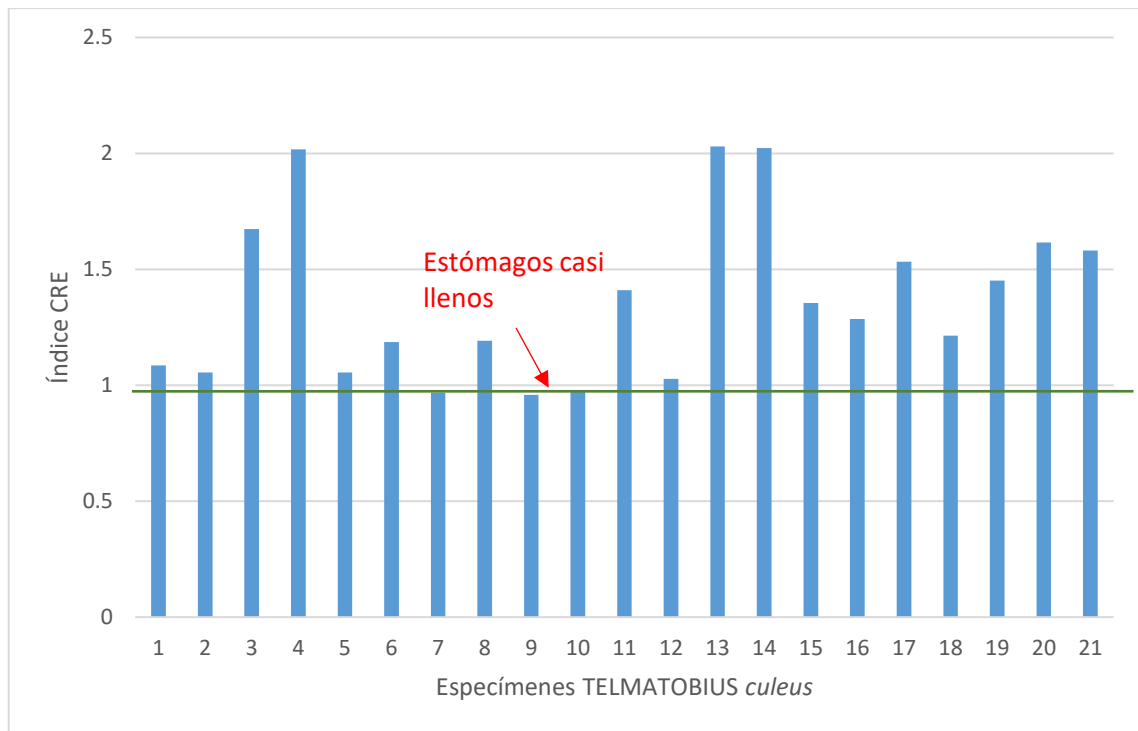


Figura 7. Niveles de repleción estomacal en un lote de 21 individuos de *Telmatobius culeus* evaluados. La línea verde indica el límite hacia arriba de estómagos casi llenos (Elaboración propia, 2019).

4.1.3. Composición de la dieta de *Telmatobius culeus*

Se hizo un análisis general de la composición de la dieta en cuatro meses o épocas, encontrándose muy pocas diferencias entre ellos. Lo resaltante en todos los casos es que los ítems alimentarios fueron los mismos, con muy ligeras variaciones, siendo el ítem o presa más predominante los anfípodos *Hyaella* spp. En el primer muestreo (febrero) se encontró que *Hyaella* alcanza un IRI (índice de importancia relativa) de 3144, siendo superior al valor de 1000 se considera como un componente básico y fundamental en la dieta de *Telmatobius culeus*, el molusco gasterópodo *Taphius sp* obtuvo un IRI de 1211, por lo que en esta época también fue un componente principal, a diferencia de las especies *Heleobia* y *Ectemnostegella* que fueron componentes adicionales o secundarios de su dieta. Esta situación lo ratifica el índice de importancia de Powell (Iip), el que le asigna un puntaje de 43.96, considerándolo a *Hyaella* como alimento muy importante para

Telmatobius culeus ya que alcanza además el 60.22% del IRI (Tabla 2). EL índice IVI o la preferencia alimenticia también es mayor por *Hyaella* con un valor de 0.88.

Tabla 2. Características del contenido estomacal y la dieta de *Telmatobius culeus* en el primer muestreo realizado en febrero del 2019 (Elaboración propia, 2019).

ITEMS ALIMENTICIOS	Ocurrencia		Volumen							
	(n)	N	(mm ³)	%FO	%N	%V	IRI	%IRI	lip	IVI
<i>Hyaella sp</i>	10	43	931.61	31.25	44.33	56.29	3144.31	60.22	43.96	0.88
<i>Taphius sp</i>	8	27	341.47	25.00	27.84	20.63	1211.67	23.21	24.49	0.81
<i>Heleobia sp</i>	7	16	313.58	21.88	16.49	18.95	775.28	14.85	19.11	0.41
<i>Ectemnostegella sp</i>	1	1	17.34	3.13	1.03	1.05	6.50	0.12	1.73	0.04
Ostracodo	2	3	8.65	6.25	3.09	0.52	22.60	0.43	3.29	0.07
Carabidae	2	3	5.85	6.25	3.09	0.35	21.54	0.41	3.23	0.07
<i>Bothynus</i> larva	2	4	36.58	6.25	4.12	2.21	39.59	0.76	4.19	0.08
TOTAL	32	97	1655.08	100	100	100	5221.47	100	100	

En la Tabla 2, también se puede apreciar dos ítems alimenticios muy singulares: escarabajos de la familia Carabidae y larva de *Bothynus* comúnmente conocido como “lakato”; ambas especies son exclusivamente terrestres y de hábitos nocturnos generalmente, lo que pone en evidencia que los individuos adultos de *Telmatobius culeus*, a pesar de ser exclusivamente acuáticos pueden salir a hábitats terrestres principalmente en búsqueda de alimentos. La Figura 8 evidencia claramente la mayor proporción del IRI que conforma *Hyaella* en la dieta de *Telmatobius culeus*, además del gasterópodo *Taphius sp*.

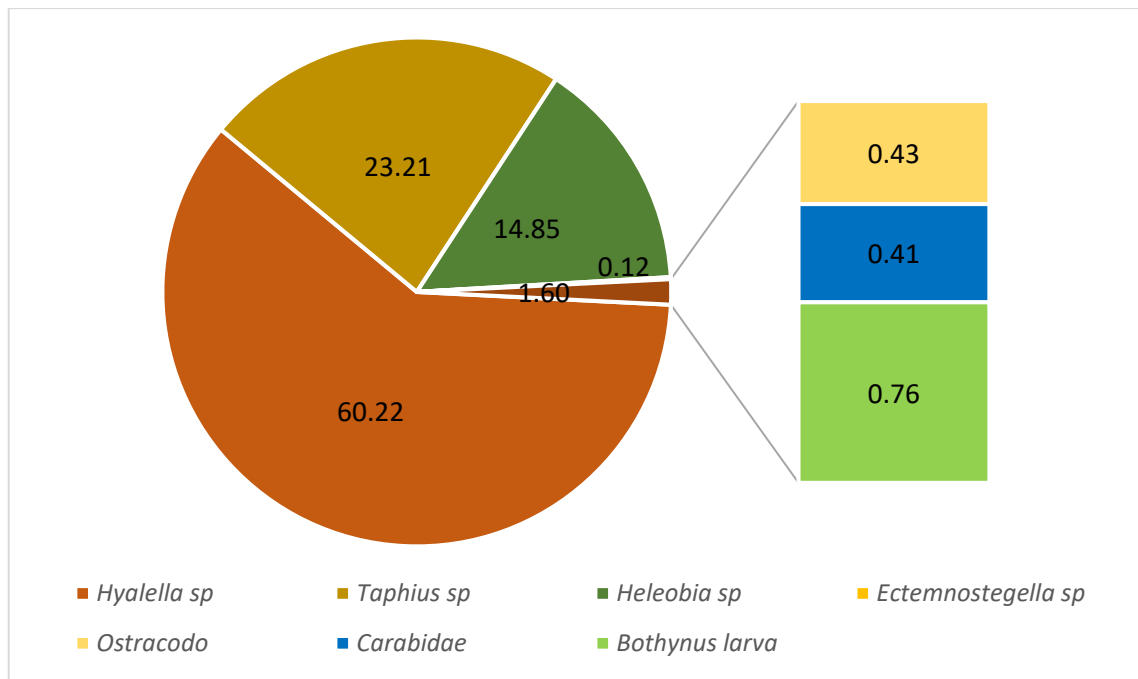


Figura 8. Composición de la dieta de *Telmatobius culeus* procedentes de la bahía de Puno sector Capachica en porcentajes (%) del %IRI, durante el mes de febrero del 2019 (Elaboración propia, 2019).

En el segundo muestreo (mayo), nuevamente *Hyalella* constituyó la presa más representativa y abundante, superó también un IRI de 4301, mayor que en el primer muestreo, además representó el 74.44% de todos los IRI y el Iip llegó a 47.94 y un nivel de preferencia (IVI) de 0.98; es decir la alimentación en este período lo constituyó prácticamente *Hyalella* (Tabla 3). En este período resalta la presencia de material vegetal, en este caso constituido por una semilla de planta no reconocida, lo que indica también que este anfibio muy ocasionalmente o accidentalmente puede consumir material vegetal. La figura 9 ilustra la composición de la dieta de *Telmatobius culeus* para este período, ocupando casi toda el área del acervo alimenticio, la especie de crustáceo anfípodo *Hyalella spp.*

Tabla 3. Características del contenido estomacal y la dieta de *Telmatobius culeus* en el segundo muestreo realizado en mayo del 2019 (Elaboración propia, 2019).

ITEM ALIMENTICIO	ocurrencia (n)	N	Volumen	%FO	%N	%V	IRI	%IRI	lip	Pref. (IVI)
<i>Hyaella sp</i>	14	71	1977.81	42.42	45.51	55.88	4301.50	74.44	47.94	0.98
<i>Taphius sp</i>	6	46	764.77	18.18	29.49	21.61	928.99	16.08	23.09	0.40
<i>Heleobia sp</i>	5	28	488.57	15.15	17.95	13.80	481.10	8.33	15.63	0.29
<i>Heligmopoda sp</i>	1	3	125.30	3.03	1.92	3.54	16.56	0.29	2.83	0.07
<i>Ectemnostegella sp</i>	2	2	56.34	6.06	1.28	1.59	17.42	0.30	2.98	0.08
Ostracodos	2	2	3.65	6.06	1.28	0.10	8.40	0.15	2.48	0.06
Material vegetal	1	1	114.78	3.03	0.64	3.24	11.77	0.20	2.30	0.06
<i>Austrelmis</i>	2	3	8.19	6.06	1.92	0.23	13.06	0.23	2.74	0.06
TOTAL	33	156	3539.41	100	100	100	5778.78	100	100	

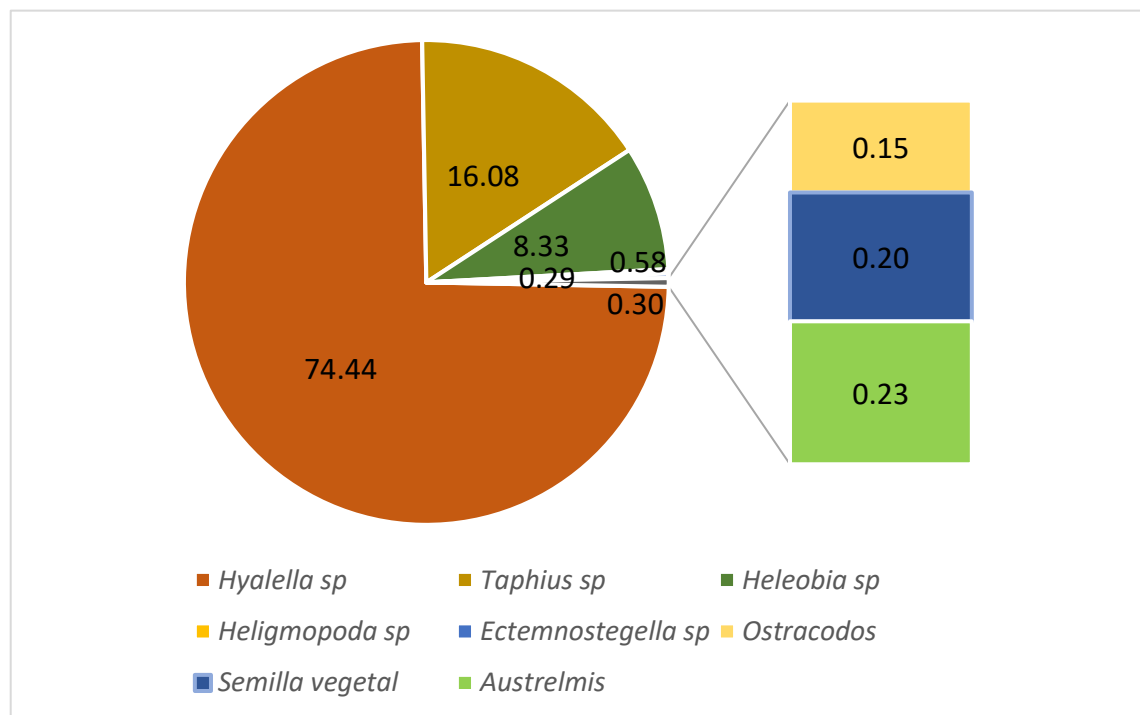


Figura 9. Composición de la dieta de *Telmatobius culeus* procedentes de la bahía de Puno sector Capachica en porcentajes (%) del IRI, durante el mes de mayo del 2019 (Elaboración propia, 2019).

Para el mes de junio (tercer muestreo), el panorama alimenticio de *Telmatobius culeus* siguió siendo casi el mismo, predominando siempre la presa *Hyaella spp* e igualmente en este caso el IRI llegó a más de 4553, ratificando a esta presa como

fundamental para *Telmatobius culeus*. En esta época todas las demás presas tuvieron muy poca trascendencia, ninguno alcanzó un IRI de 1000, por lo que fueron considerados como componentes alimenticios secundarios. En esta evaluación resalta la presencia de un pez del género *Orestias* en el tracto digestivo (probablemente un alevino de carachi o talvez un ispi), lo que pone en evidencia de que estos anfibios también suelen consumir ocasionalmente peces pequeños. Los índices Iip e IVI ratifican el valor del anfibio para la rana del Titicaca. La caracterización de la composición alimenticia se aprecia en la Tabla 4. La Figura 10 también ilustra las características de la alimentación del anfibio, expresado en porcentajes del IRI para cada componente alimenticio o presa.

Tabla 4. Características del contenido estomacal y la dieta de *Telmatobius culeus* en el tercer muestreo realizado en junio del 2019 (Elaboración propia, 2019).

ITEM ALIMENTICIO	ocurrencia										
	(n)	N	Volumen	%FO	%N	%V	IRI	%IRI	Iip	IVI	
<i>Hyalella spp</i>	10	47	1859.01	38.46	67.14	51.24	4553.11	88.01	52.28	0.89	
<i>Taphius sp</i>	3	6	258.22	11.54	8.57	7.12	181.02	3.50	9.07	0.18	
<i>Heleobia sp</i>	4	6	104.95	15.38	8.57	2.89	176.37	3.41	8.94	0.18	
<i>Heligmopoda sp</i>	1	1	29.34	3.85	1.43	0.81	8.60	0.17	2.02	0.05	
<i>Ectemnostegella sp</i>	3	3	38.35	11.54	4.29	1.06	61.65	1.19	5.62	0.13	
<i>Ostracodo</i>	1	2	3.65	3.85	2.86	0.10	11.38	0.22	2.26	0.04	
<i>Larva</i>	1	2	1.24	3.85	2.86	0.03	11.12	0.21	2.24	0.04	
<i>Austrelmis</i>	2	2	10.14	7.69	2.86	0.28	24.13	0.47	3.60	0.08	
<i>Orestias</i>	1	1	1323.28	3.85	1.43	36.47	145.77	2.82	13.91	0.40	
Hierba	2										
TOTAL	26	70	3628.18	100	100	100	5173.15	100	100		

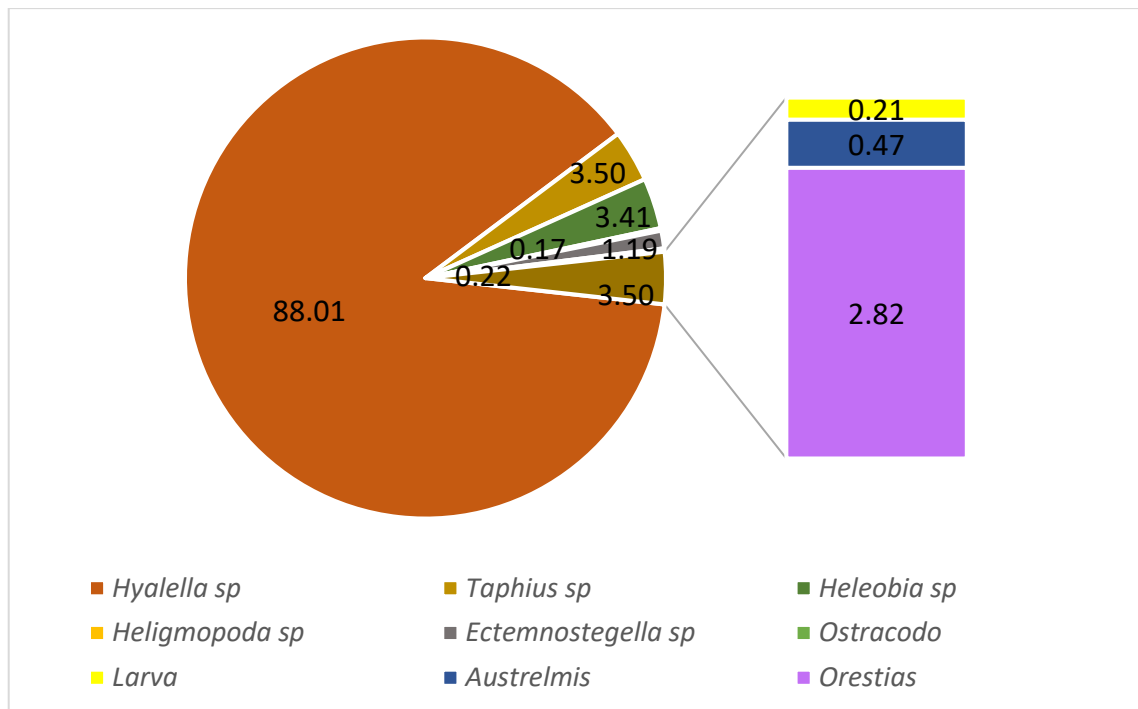


Figura 10. Composición de la dieta de *Telmatobius culeus* procedentes de la bahía de Puno sector Capachica en porcentajes (%) del IRI, durante el mes de junio del 2019 (Elaboración propia, 2019).

Finalmente, en el cuarto muestreo (julio), se consolida la determinación y caracterización de los hábitos alimentarios de *Telmatobius culeus*, ratificándose que su alimentación está compuesta principalmente por *Hyalella*, luego en orden de importancia estarían los moluscos gasterópodos *Taphius* y *Heleobia*. Los demás componentes alimenticios son básicamente complementarios, tal como se puede apreciar en la Tabla 5. Similarmente la Figura 11 ilustra las características de la alimentación de *Telmatobius culeus* en la bahía de Puno, lago Titicaca (sector Capachica).

Tabla 5. Características del contenido estomacal y la dieta de *Telmatobius culeus* en el cuarto muestreo realizado en julio del 2019 (Elaboración propia, 2019).

ITEM ALIMENTICIO	ocurrencia (n)	N	Volumen	%FO	%N	%V	IRI	%IRI	Iip	IVI
<i>Hyalella sp</i>	10	53	994.88	34.48	63.86	61.09	4308.51	76.70	53.14	0.96
<i>Taphius sp</i>	6	11	298.95	20.69	13.25	18.36	654.01	11.64	17.43	0.39
<i>Heleobia sp</i>	6	11	200.21	20.69	13.25	12.29	528.50	9.41	15.41	0.33
<i>Heligmopoda sp</i>	3	4	74.30	10.34	4.82	4.56	97.05	1.73	6.57	0.08

<i>Ectemnostegella</i> <i>sp</i>	1	1	24.37	3.45	1.20	1.50	9.31	0.17	2.04	0.05
<i>Ostracodo</i>	1	1	3.31	3.45	1.20	0.20	4.84	0.09	1.61	0.04
<i>Huevo</i>	1	1	2.57	3.45	1.20	0.16	4.68	0.08	1.60	0.04
<i>Austrelmis</i>	1	1	29.92	3.45	1.20	1.84	10.48	0.19	216	0.05
TOTAL	29	83	1628.51	100	100	100	5617.39	100	100	

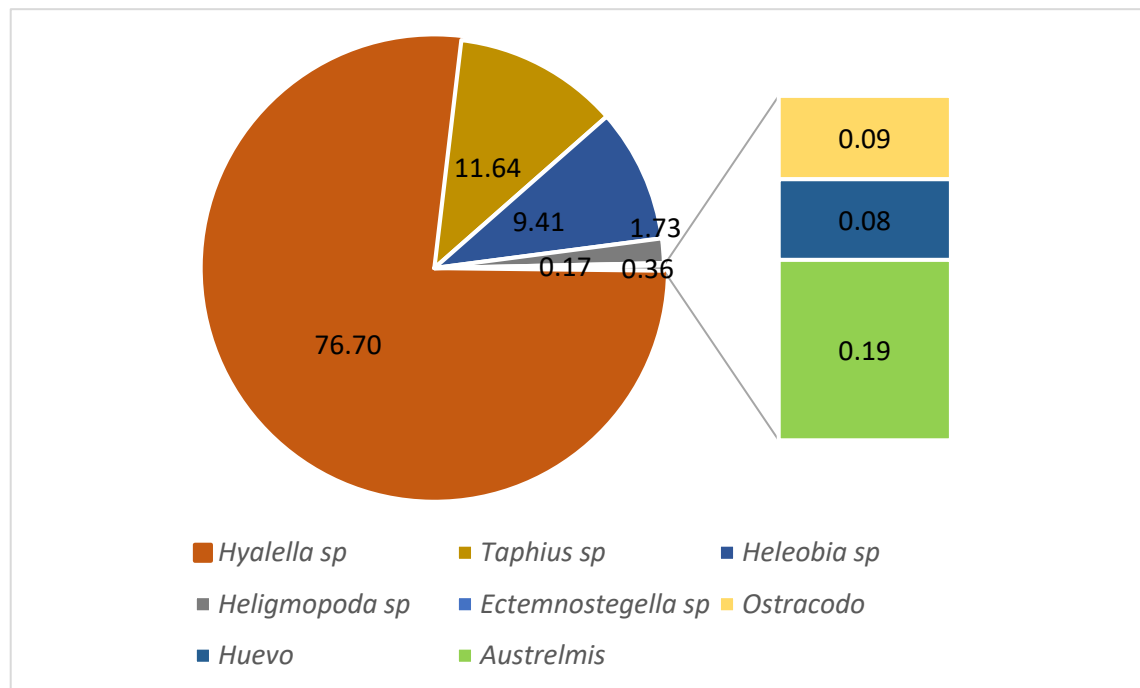


Figura 11. Composición de la dieta de *Telmatobius culeus* procedentes de la bahía de Puno sector Capachica en porcentajes (%) del IRI, durante el mes de julio del 2019 (Elaboración propia, 2019).

La Figura 12 ilustra la composición general de la dieta de *Telmatobius culeus* de acuerdo a los meses de evaluación y en todas las épocas predomina ampliamente las presas *Hyalella*, superando en 60% toda la composición, llegando hasta el 88 % incluso en el mes de junio. Otras presas importantes son los gasterópodos *Taphius* y *Heleobia*. Otros organismos parecen ser ocasionales de su dieta y en general nunca superaron el 6% de su composición, inclusive en el mes de mayo apenas conformó el 1.16 % de la dieta.

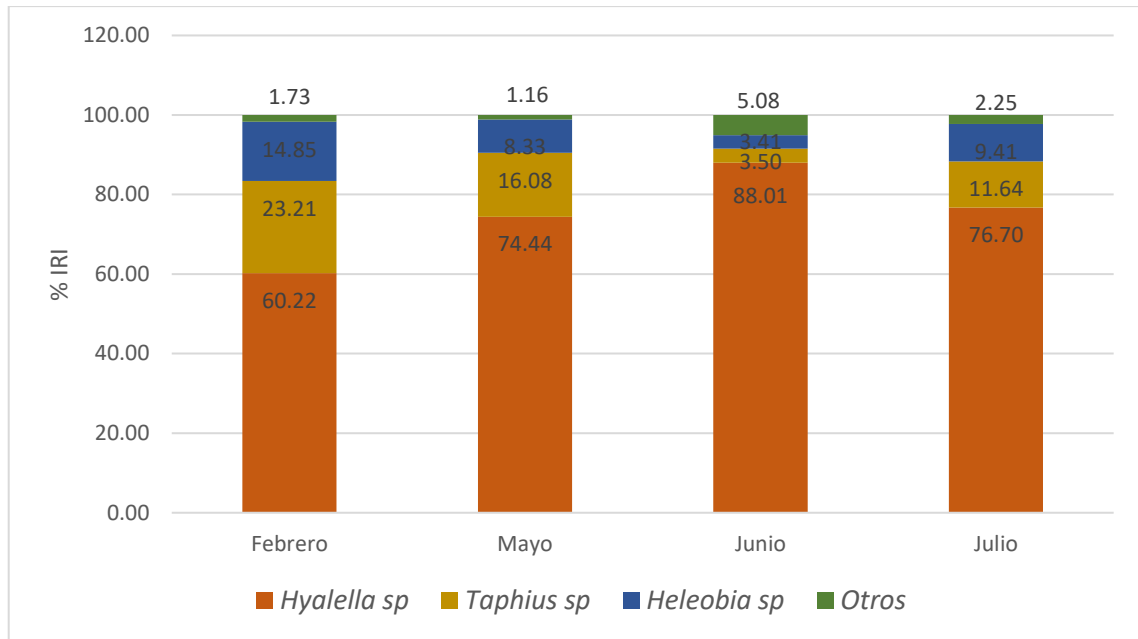


Figura 12. Distribución del porcentaje del índice de importancia relativa (IRI) de las presas para *Telmatobius culeus*, en el ámbito de la bahía de Puno, sector Capachica (Elaboración propia, 2019).

Comparando de manera global los índices de importancia relativa (IRI), se tiene que en efecto las presas más importantes son *Hyalella*, seguidas por *Taphius* y *Heleobia*, lo que es validado por el análisis de varianza, que indica diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) según especies, siendo superior para *Hyalella spp* según la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), según se aprecia en la Tabla 6 y la Figura 13.

Tabla 6. Análisis de varianza en diseño bloque completo al azar para el IRI de la dieta de *Telmatobius culeus* según especies y época de evaluación (Elaboración propia, 2019).

Fuente de variabilidad	Tipo II de suma de cuadrados		Cuadrático		
	de cuadrados	gl	promedio	F	Sig.
Modelo	69799263.335 ^a	7	9971323.334	46.823	0,000
Especies	40055587.582	3	13351862.527	62.698	0,000
Mes	66240.463	3	22080.154	0.104	0,956
Error	1916600.772	9	212955.641		
Total	71715864.107	16			

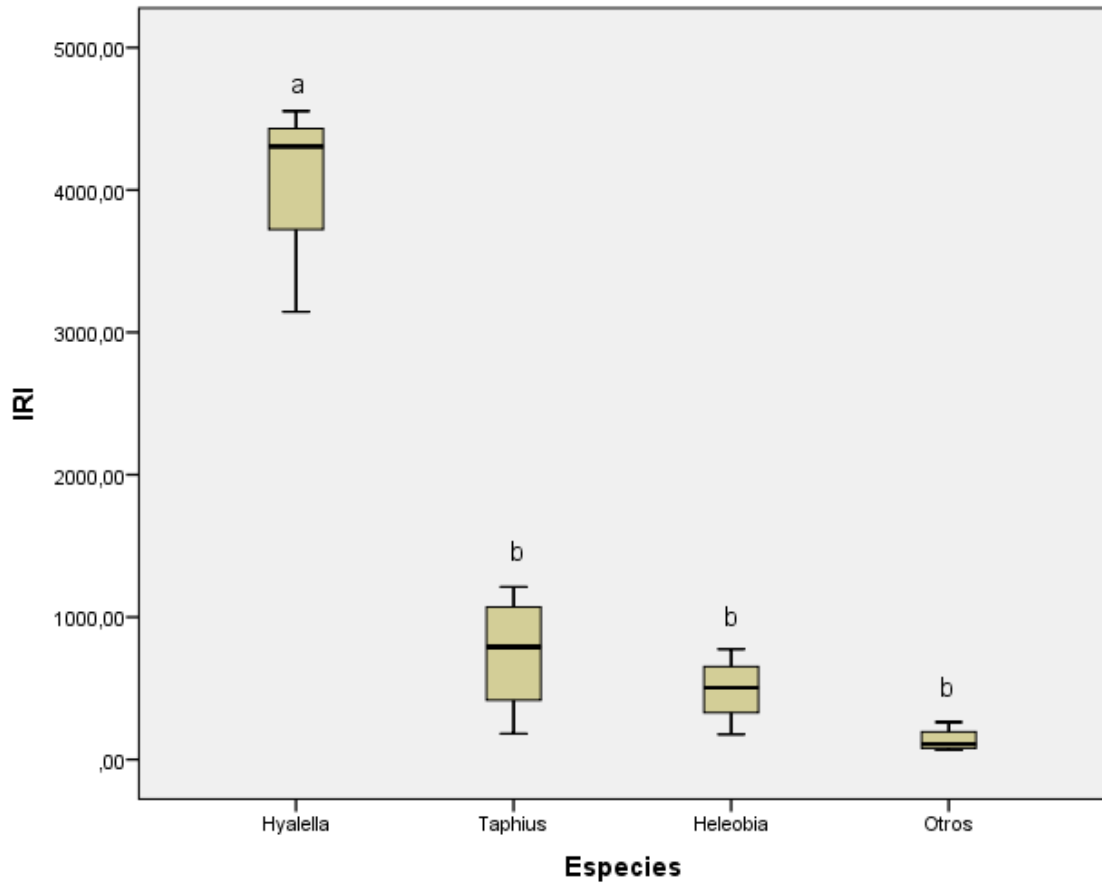


Figura 13. Índices de importancia relativa general (IRI) por ítem alimenticio consumido por *Telmatobius culeus*. Letras diferentes entre cajas indican diferencias significativas a la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) (Elaboración propia, 2019).

Haciendo la comparación en el IRI según meses, la misma Tabla 6 muestra que no existen diferencias significativas entre la importancia de las presas según época ($p > 0.956$), es de decir en todos los meses *Telmatobius culeus* mostró el mismo nivel de predilección por las mismas especies (*Hyalella*, *Heleobia* y *Taphius*). Se ilustra en la Figura 14, el comportamiento estadístico del IRI según meses.

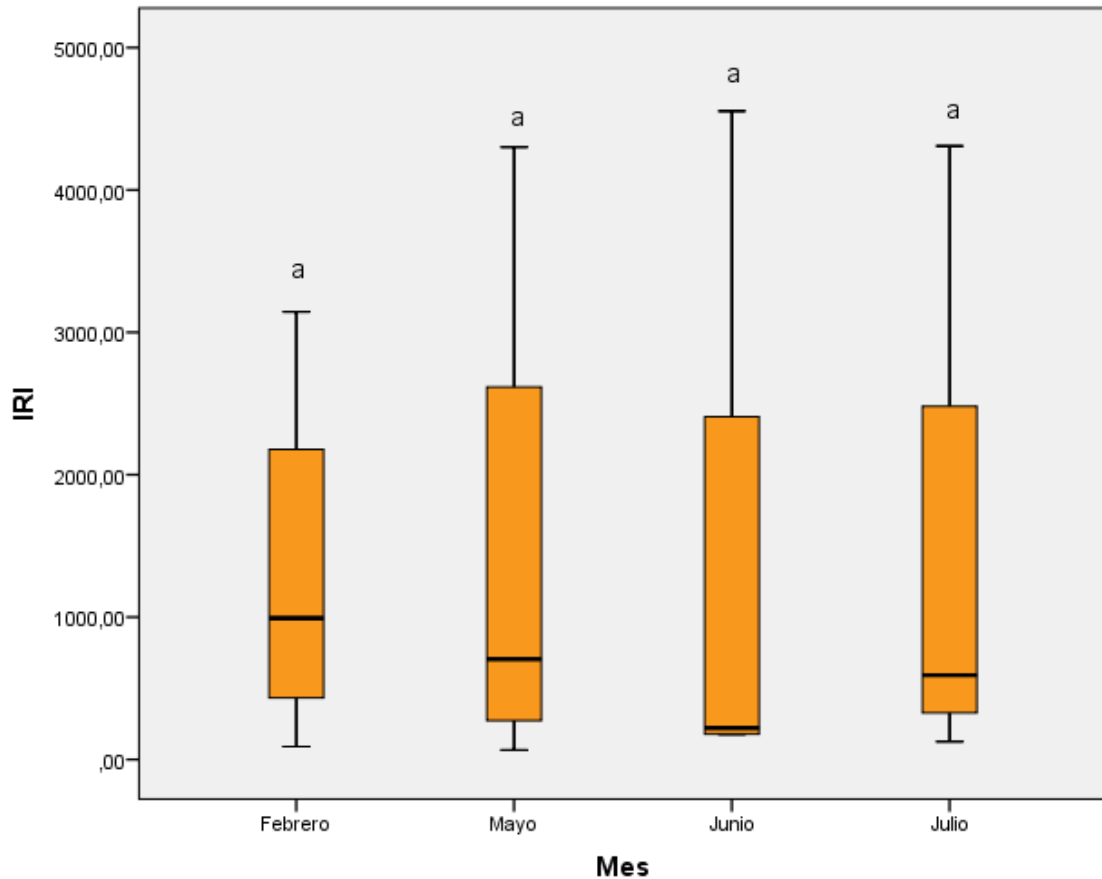


Figura 14. Índices de importancia relativa (IRI) para *Telmatobius culeus* según meses de consumo. Las mismas letras entre cajas indican que no existen diferencias significativas (Elaboración propia, 2019).

Luego, al verificar estadísticamente las diferencias de la cantidad de alimento consumido de acuerdo a meses, se confirmó que en el mes de mayo hubo un mayor consumo general por *Telmatobius culeus*, existiendo diferencias significativas ($p < 0.024$), lo que ratificaría nuevamente que este anfibio tuvo una mayor tasa de consumo en el mes de mayo comparado con los otros tres meses, quizás porque en esta época hubo una mayor disponibilidad de presas en su medio, lo que repercutió en su mayor peso también tal como se explica más arriba. El ANOVA también muestra las diferencias en el consumo por *Telmatobius culeus* según especies, siendo significativamente mayor para *Hyalella spp* según la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$). Estos resultados estadísticos se muestran en la Tabla 7 y la Figuras 15 y 16.

Tabla 7. Análisis de varianza en diseño bloque completo al azar de la cantidad de presas consumida por *Telmatobius culeus* según meses y según especie presa ($\alpha = 0.05$) (Elaboración propia, 2019).

Origen de variabilidad	Tipo II de suma		Cuadrático		
	de cuadrados	gl	promedio	F	Sig.
Modelo	15905.750 ^a	7	2272.250	32.551	0.000
Especies	4522.250	3	1507.417	21.595	0.000
Mes	1081.250	3	360.417	5.163	0.024
Error	628.250	9	69.806		
Total	16534.000	16			

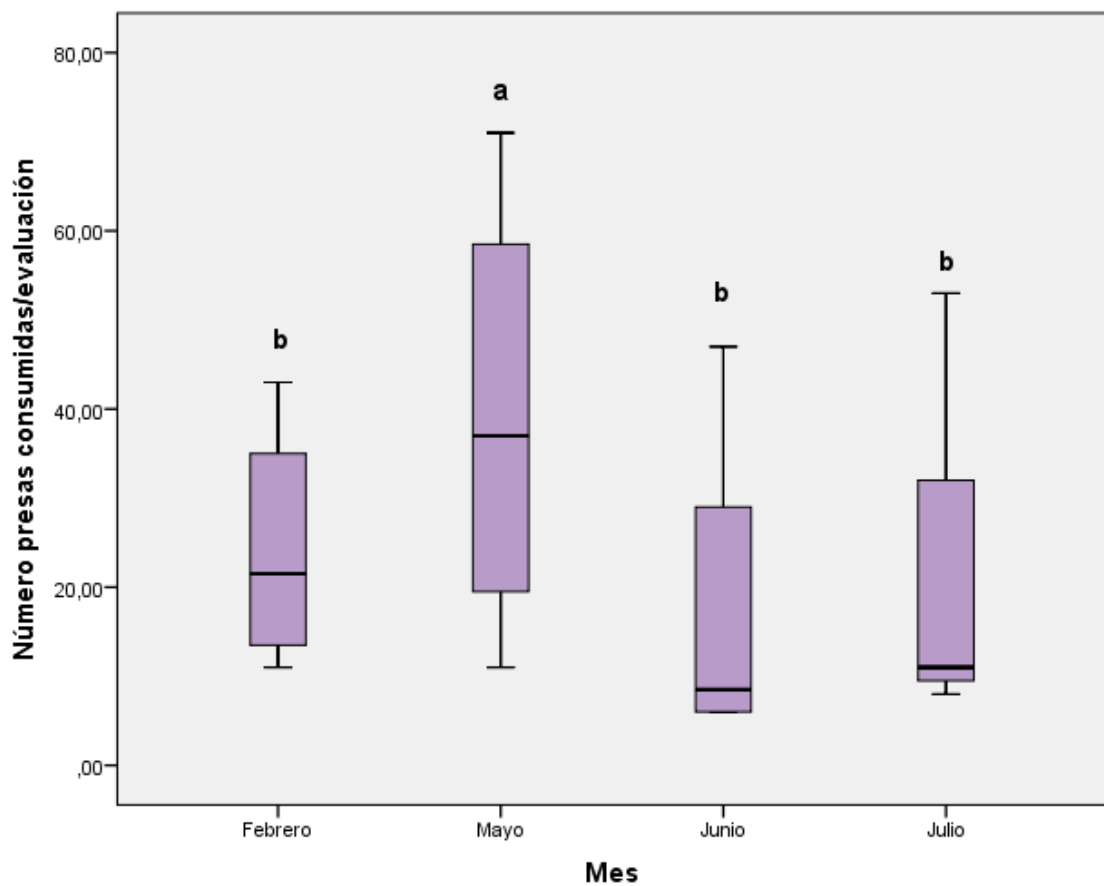


Figura 15. Número de presas totales consumidas por *Telmatobius culeus* según mes de evaluación. Letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) (Elaboración propia, 2019).

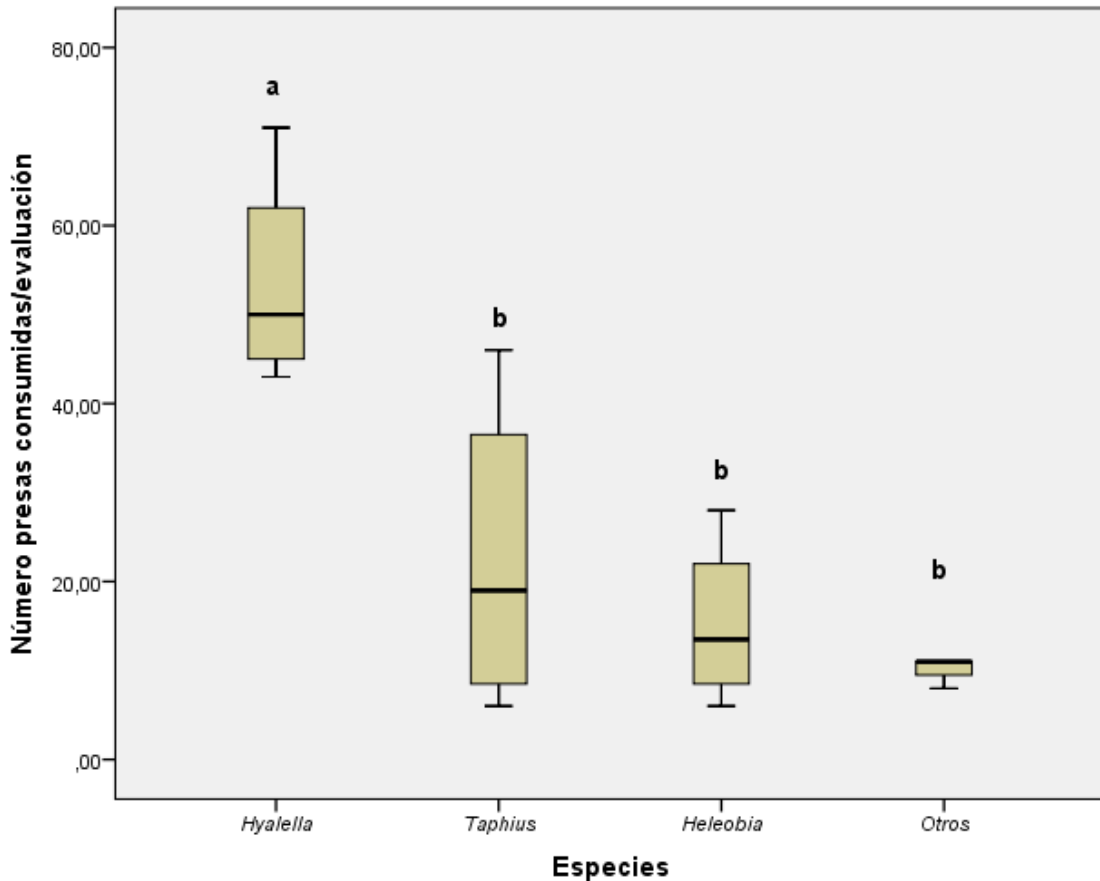


Figura 16. Número de presas totales consumidas por *Telmatobius culeus* según especie por período de evaluación. Letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) (Elaboración propia, 2019).

Otros estudios sobre la composición estomacal de *Telmatobius culeus* también confirman los resultados obtenidos en el presente estudio. Apaza (1998), reporta aún la presencia de *Telmatobius culeus* en la bahía interior de Puno y en Muelle Barco (Chucuito), donde la presencia de anfípodos (*Hyalella*) estuvo en el 100% de estómagos analizados, de moluscos gasterópodos en el 80% de estómagos y de ostrácodos en un 65%; indica además que no existe variabilidad de alimentación entre zonas pero si entre grupos de organismos, con una amplia predilección por anfípodos, luego gasterópodos y ostrácodos, considera como alimentos eventuales a hemípteros.



Apaza (2001) manifiesta también que adultos de *Telmatobius culeus* es preferentemente carnívoro pero ocasionalmente puede comportarse como omnívoro, ya que puede consumir material vegetal ocasionalmente, según también nuestras observaciones. Este mismo autor manifiesta que los componentes principales son *Hyalella*, *Littoridina (Heleobia)* e ispi, con un IRI mayor a 1000, lo que considera a estos alimentos como principales en su dieta, luego a las especies *Taphius* y *Sphaerium* con IRI menor a 1000 considerados como alimentos secundarios y finalmente restos de *Elodea* y *Miriophyllum* que sería alimentos casuales. Estos resultados también concuerdan con el presente estudio, aunque, en este caso se ha determinado al ispi como alimento eventual. El mencionado autor analizó individuos al parecer de mayor tamaño (considerando que proceden del lago Mayor) y por ello tienen mayores capacidades para capturar peces como el ispi.

4.1.4. Capacidad de consumo de *Telmatobius culeus*

Con la información obtenida en el presente trabajo de investigación, se hace una estimación general de la cantidad de presas en promedio que potencialmente puede consumir *Telmatobius culeus* procedentes de la bahía de Puno, sector Capachica del lago Titicaca. Al realizar el análisis del contenido estomacal de los individuos adultos de *Telmatobius culeus* se encontraron presas casi completas o en ocasiones parcialmente digeridas, lo que indica que las consumieron aproximadamente en el transcurso de unas 8 horas. Se hace esta afirmación, considerando que Naya (2005) y Antoniazzi et al. (2013) indican que la tasa metabólica en la alimentación de anfibios es generalmente lenta y más en la época de estiaje (para el caso de Puno sería los meses de junio y julio), tardando su completa digestión unas 8 horas aproximadamente. Por ello, afirmamos que ese es el tiempo en que *Telmatobius culeus* pasaría alimentándose para luego digerirlas, por lo que las presas encontradas en sus estómagos durante la evaluación, tendrían

aproximadamente ese tiempo. Según ello *Telmatobius culeus* consumiría un promedio de 6 presas por 8 horas, distribuyéndose 3.13 para *Hyaella*, 1.32 para *Taphius*, 1 para *Eleobia* y 0.59 para otros, tal como se representa en la Figura 17.

Además, en ese tiempo los anfibios suelen descansar a intervalos, por lo que estimaríamos que cada individuo de *Telmatobius culeus* consumiría unas 18 presas al día, dependiendo de la época.

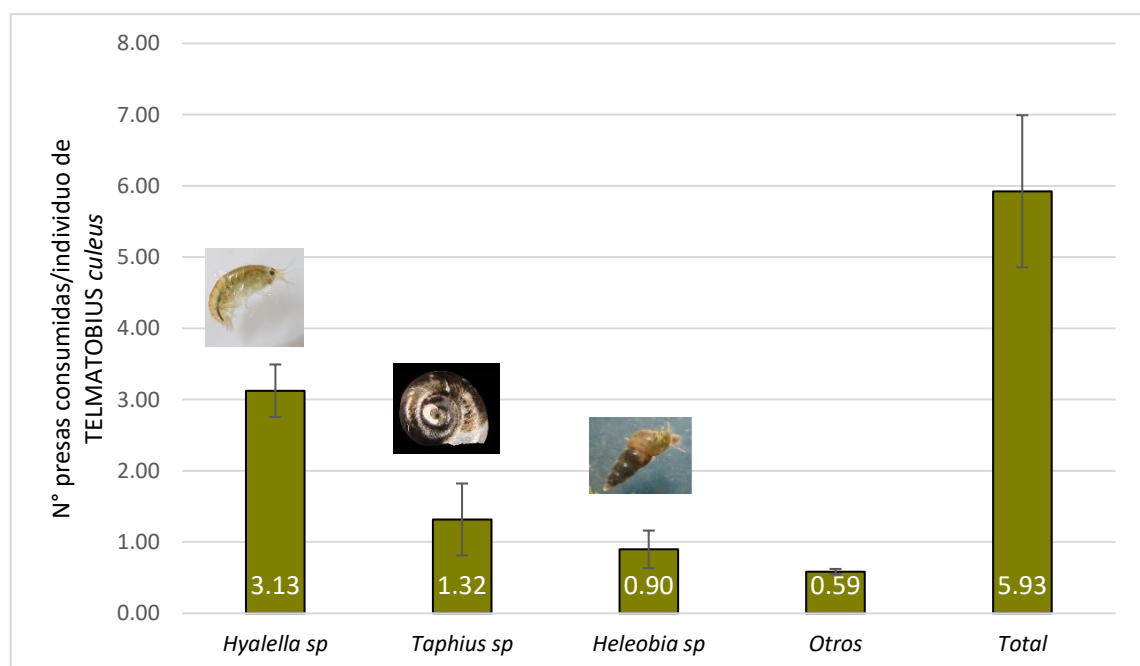


Figura 17. Consumo en número de presas por individuo de *Telmatobius culeus* (Elaboración propia, 2019).

4.2. OFERTA TRÓFICA PARA *Telmatobius culeus*

Los hábitats evaluados evidenciaron una mayor riqueza de especies disponibles (hasta 23) comparados con los que *Telmatobius culeus* normalmente utiliza (13), como se aprecia en la Tabla 8. Aunque los índices de diversidad son más o menos similares comparados con cada tipo de hábitat, pero con el total de tipos de hábitats el índice es mayor alcanzando de 2.26 en el índice de Shanon, comparado con 1.87 de los estómagos. El índice de dominancia de Simpson refiere dominancia por pocas especies y en ello

predominaría *Hyaella*, tanto en los hábitats como en los estómagos, demostrando correspondencia en estos análisis.

Para verificar también que al existir mayor abundancia de presas en los hábitats también habría mayor consumo por los anfibios se realizó un análisis de regresión lineal entre ambas variables, pero sólo considerando presas acuáticas. Los resultados indicaron una alta asociación entre ambas variables ($r = 0.93$), indicando además que la abundancia de presas en el hábitat determina en un 87% un mayor consumo de presas por *Telmatobius culeus*, tal como se ilustra en la Figura 18. Sin embargo, no hay una relación directa entre los índices de diversidad en el hábitat con el índice de diversidad de los estómagos ($r = 0.54$), o la relación es mínima (Figura 18).

Tabla 8. Características de la comunidad de potenciales presas de *Telmatobius culeus* en sus probables hábitats comparado con la comunidad de sus estómagos (Elaboración propia, 2019).

Especies	Abundancia en hábitats					Abundancia estómagos	
	Zona bentónica (500 cm2)	Zona pelágica (por 10 barridos)	Zona litoral (por 5 bolsas)	Zona terrestre (por 10 trampas)	TOTAL	Especies	TOTAL
<i>Hyaella</i>	45	2	423	0	470	<i>Hyaella sp</i>	44
<i>Heleobia</i>	64	0	235	0	299	<i>Taphius sp</i>	23
<i>Taphius</i>	34	0	29	0	63	<i>Heleobia sp</i>	22
<i>Anysancylus</i>	12	0	9	0	21	<i>Heligmopoda sp</i>	5
<i>Sphaerium</i>	21	0	37	0	58	<i>Ectemnostegella sp</i>	7
Ostracodos	12	0	141	0	153	Ostracodos	6
<i>Ectemnostegella</i>	11	0	31	0	42	Semilla vegetal	1
<i>Notonecta</i>	0	0	14	0	14	<i>Austrelmis</i>	5
<i>Euplanaria</i>	6	0	2	0	8	Carabidae	2
Hirudineos	22	0	39	0	61	<i>Bothynus</i> , larva	2
Hidroacáridos	0	8	31	0	39	Larva coleoptero	1
Odonatos	2	0	13	0	15	<i>Orestias</i>	1
<i>Austrelmis</i>	1	0	16	0	17	Huevos pez	1
Quironomidae	39	0	25	0	64		
Tricoptera	3	0	1	0	4		

<i>Orestias</i>	0	2	2	0	4		
Carabidae	0	0	0	26	26		
Araneidos	0	0	0	14	14		
Formicidae	0	0	0	26	26		
Diplopoda	0	0	0	10	10		
Tenebrionidae	0	0	0	15	15		
Coccinelidae	0	0	0	9	9		
Staphylinidae	0	0	0	5	5		
TOTAL	272	12	1048	105	1437		120
Shanon	2.17	0.86	1.86	1.82	2.26		1.87
Simpson	0.86	0.50	0.76	0.82	0.83		0.78
Riqueza	15	3	16	7	23		13

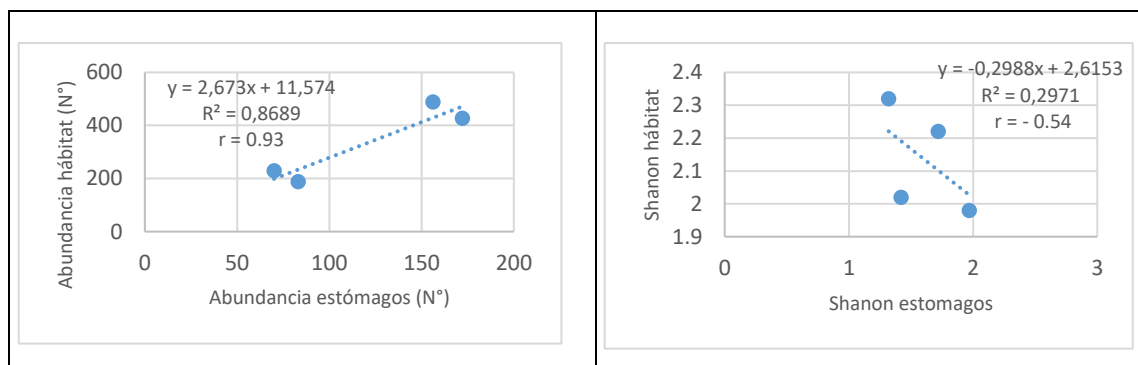


Figura 18. Análisis de regresión lineal entre abundancia de individuos en el hábitat y abundancia de presas consumidas (izquierda) y entre índices de diversidad Shanon (derecha) (Elaboración propia, 2019).

El índice de Jacard dio un valor de 0.33, es decir sólo un 33% de especies contenía el estómago de todas las especies disponibles, lo que implica que *Telmatobius culeus* de alguna manera selecciona las especies que son importantes para su alimentación. Y esto lo confirma el índice de Strauss cuyos valores para *Hyaella spp* fue de 0.86, lo que indica una alta selectividad por este organismo, luego para *Taphius* fue de 0.57, una selectividad media y para *Heleobia* de 0.49, también selectividad media.

La prueba de Kolmogorov – Smirnov evidenció que la diversidad Shanon en los hábitats acuáticos de *Telmatobius culeus*, es significativamente mayor con la diversidad



del conjunto de presa que consume. Ello confirma también que esta especie de anfibio selecciona sólo algunas de sus presas de todas las potenciales que conforman la comunidad en su hábitat (Tabla 9).

Tabla 9. Prueba de Kolmogorov Smirnov entre la diversidad Shannon de los hábitats acuáticos de *Telmatobius culeus* y la diversidad de su contenido estomacal (Elaboración propia, 2019).

Máximas diferencias extremas	Absoluta	1.000
	Positivo	1.000
	Negativo	0.000
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.414
Sig. asintótica (bilateral)		0.037



V. CONCLUSIONES

- *Telmatobius culeus*, en el sector Capachica (zonas Yapura y Llachón), no mostró relación directa ($r = 0.27$) entre tamaño de individuos con el tamaño de sus presas.
- El coeficiente de vacuidad fue de 22.09 % y la amplitud general de nicho trófico de 0.75 lo cual indica que este anfibio es principalmente generalista.
- El coeficiente de repleción estomacal (CRE) de 1.55 explica que los individuos evaluados se encontraban *casi llenos* en su contenido estomacal.
- La dieta de *Telmatobius culeus* está conformada principalmente por *Hyaella sp* alimento que alcanza del 60 al 88% del índice de importancia relativa (%IRI), luego *Taphius sp* de 3.5 a 23.21 % del %IRI, *Heleobia* del 3.41 hasta el 14.85 del %IRI y otros alimentos posiblemente eventuales (*Estemnostegella*, ostrácodos, etc) desde 1.16 al 5.08% del %IRI; con diferencias significativas para el ÍRI *Hyaelllla* que superó valores de 1000 lo que indica que se trata de un alimento fundamental en su dieta (Duncan, $\alpha = 0.05$); sin embargo el IRI no fue significativo según épocas, lo que indica que en todos los meses la composición de la dieta no varía de manera importante.
- En total un individuo de *Telmatobius culeus* puede consumir en promedio 5.93 presas en ocho horas de alimentación.
- La oferta trófica en los hábitats donde se desenvuelve *Telmatobius culeus* alcanza las 23 especies, sin embargo, consume un máximo de 13, lo que indica que selecciona sus alimentos.
- Se encontró alta correlación ($r = 0.93$) entre la abundancia de presas en su hábitat y la cantidad de presas que consumen.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones de la ecología trófica de *Telmatobius culeus* en otros ámbitos del lago Titicaca y zonas de lagunas altoandinas.
- Realizar estudios de ecología trófica en larvas de *Telmatobius culeus*.
- Realizar estudios sobre composición bromatológica de las especies más importantes que forman parte de la dieta de *Telmatobius culeus*, con la finalidad de conocer las necesidades nutritivas de este anfibio para su manejo en cautiverio.
- Desarrollar metodologías no invasivas para la evaluación de la ecología trófica de *Telmatobius culeus*, que no impliquen sacrificios de ejemplares y puedan ser liberados una vez muestreados.



VII. REFERENCIAS

- Abelha, F., Agostinho, A., y Goulart, E. (2001). Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum*, 23(2), 425-434.
- Allen, W. R. (1922). Notes on the Andean Frog, *Telmatobius culeus* (Garman). *Copeia*, (108), 52-54.
- Álvarez, R. (2006). Evaluación del consumo de carne de rana del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*), en áreas urbanas y rurales del departamento de La Paz (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. 94 p.
- Amín, M., Faller, J.C., Arroyo, J., Cuauhtémoc Chávez., et al. (2006). Ecología alimentaria. En: Memorias del Primer Simposio. El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo. Chávez, C. y G. Ceballos (Ed.). p 36-42. México DF: CONABIO-Alianza WWF Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México.
- AmphibiaWeb (2017). *Telmatobius culeus*: Titicaca Water Frog. University of California, Berkeley. Recuperado de <http://amphibiaweb.org/species/2695>.
- AMNH - American Museum of Natural History. (2018). Amphibian species of the world 6.0. Recuperado de <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/Amphibia/Anura/Telmatobii dae/Telmatobius/Telmatobius-culeus>.
- Angulo, A. (2002). Anfibios y paradojas: perspectivas sobre la diversidad y las poblaciones de anfibios. *Ecología Aplicada*, 1(1): 105-109.



- Angelescu, V. (1980). Ecología trófica de la caballa (*Scombridae*, *scomber japonicus marplatensis*) del Atlántico Sudoccidental. *Boletín del Instituto Oceanográfico*, 29: 41-47.
- Antoniazzi, C. E., López, J., Duré, M., Falico, D. A. (2013). Alimentación de dos especies de anfibios (*Anura*: *Hylidae*) en la estación de bajas temperaturas y su relación con la acumulación de energía en Santa Fe, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 61(2): 875-886.
- Apaza, J.H. (1998). Determinación del contenido estomacal de *Telmatobius sp* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Biológicas. Puno, Perú. 65 p.
- Apaza, R. (2001). Régimen alimentario de larvas y adultos de *Telmatobius culeus* Garman, rana gigante del lago Titicaca. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Biológicas. Puno, Perú. 86 p.
- Barcellos, M y Albino, P. (2007). Epibatidina: uma breve revisão. *Latin American Journal of Pharmacy*. 26 (4): 614-8.
- Benavides, E., Ortiz, J. C. & Sites, J. W. (2002). Species boundaries among the *Telmatobius* (*Anura*: *Leptodactylidae*) of the Lake Titicaca Basin: allozyme and morphological evidence. *Herpetologica*, 58(1): 31-55.
- Biavati, G. M., Wiederhecker H. C. y Colli G. R. (2004) Diet of *Epipedobates flavopictus* (*Anura*: *Dendrobatidae*) in a Neotropical Savanna, *Journal of Herpetology*, 38(4): 510-518.



- Bogdan, H. V., Covaciu–Marcov, S.–D., Gaceu, O., Cicort–Lucaciu, A.–S., Ferenti, S. & Sas–Kovács, I. (2013). How do we share food? Feeding of four amphibian species from an aquatic habitat in south–western Romania. *Animal Biodiversity and Conservation*, 36.1: 89–99.
- BTA Perú – Biotecnología Agropecuaria. (2002). Evaluación de la población de la rana gigante del lago *Telmatobius culeus*. Puno, Perú: Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca del Lago Titicaca – Desaguadero – Poopo – Salar de Coipasa (TDPS), ALT – PNUD.
- Caldwell, J. P. (1996). The evolution of myrmecophagy and its correlates in poison frogs (Family Dendrobatidae). *Journal of Zoology (London)*, 240: 75-101.
- Catenazzi, A., Vredenburg, V. y Lehr, E. (2010). *Batrachochytrium dendrobatidis* in the live frog trade of *Telmatobius* (Anura: Ceratophryidae) in the tropical Andes. *Diseases of Aquatic Organisms*. p: 1-5.
- Celis, M. S., & Velasquez, A. (2006). Contenido estomacal de *Hoplias malabaricus* en un ecosistema lenticó del piedemonte Amazónico. *Momentos de Ciencia*. Volumen 3(1): 101-108.
- Cuevas, M. F. & Martori R. (2007). Diversidad Trófica de dos Especies Sintópicas del Género Leptodactylus (Anura: Leptodactylidae) del Sudeste de la Provincia de Córdoba, Argentina. *Cuad. herpetol.*, 21(1): 7-19.
- Chino, J. y Quilli, M. (2017). Significado del uso de la rana del Titicaca en los pobladores de la comunidad de San Pedro de Ccapi. Tesis Lic. Antropología, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Sociales. 65p.



- Crump, M.L. (2010). Amphibian diversity and life history. In Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques (C.K. Dodd Junior, eds.). Oxford University Press, Oxford, p.3-17.
- Daly, J. W., Myers, C. W., & Whittaker, N. (1987). Further classification of skin alkaloids from neotropical poison frogs (Dendrobatidae), with a general survey of toxic/noxious substances in the amphibia. *Toxicon*, 25(10), 1023-1095.
- Dejoux C. e Iltis A. (1991). El Lago Titicaca. Síntesis del Conocimiento limnológico actual. Recursos Hidrobiológicos. (CENDOC-PELT). La Paz, Bolivia.
- Díaz-Páez, H. & Ortiz, J.C. (2003). Hábitos alimentarios de *Pleurodema thaul* (Anura, Leptodactylidae), en Concepción, Chile. *Gayana*, 67(1): 25-32.
- Emerson, S. B. (1985). Forma del cráneo en ranas: correlaciones con la dieta. *Herpetológica*, 177-188.
- Garman, S. W. (1876). I. Fishes and reptiles. In A. Agassiz and S. W. Garman (Eds.), Exploration of Lake Titicaca. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Cambridge no.11, 19(1): 274– 278.
- Gómez-Fernández, D., Castaño, S., Fierro, L. (2013). Análisis trófico de *Andinobates minutus* (Anura: Dendrobatidae) en un bosque húmedo tropical de la isla La Palma, Colombia. *Caldasia*, 35(2): 325-332.
- González-Miras, E., Molina-Navarro, C. & Parrondo P. (2013). Protección de los anfibios: problemática y propuestas de conservación. En (sin editor), Guía de los



anfibios del Sureste Ibérico, Proyecto Amphibia (pp 19-35). España, Proyecto Amphibia.

Guevara, E., Álvarez, H., Mascaró, M., Rosas, C. y Sánchez, A.. (2007). Hábitos alimenticios y ecología trófica del pez *Lutjanus griseus* (Pisces: Lutjanidae) asociado a la vegetación sumergida en la Laguna de Términos, Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.* 55(3-4): 989-1004.

Gutiérrez N., Méndez M. & Sallaberry, M. (2008). Hábitos alimentarios de *Bufo spinulosus* wiegmann, 1835 (Anura: Bufonidae) en la localidad de farellones (región metropolitana). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Chile*, 57: 139-145.

Hare, K. M., Pledger, S., Thompson, M. B., Miller, J. H. y Daugherty, C. H. (2006). Daily patterns of metabolic rate among New Zealand lizards (Reptilia: Lacertilia: Diplodactylidae and Scincidae). *Physiological and Biochemical Zoology*, 79: 745-753.

Hutchison, V. H., Haines, H. B., & Engbretson, G. (1976). Aquatic life at high altitude: respiratory adaptations in the Lake Titicaca frog, *Telmatobius culeus*. *Respiration Physiology*, 27: 115-129.

Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis, a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17 (4), 411-429.

Hobson, J., Goin, C., y Goin, O. (1967). Sleep Behavior of Frogs. *Quarterly Journal of the Florida Academy of Sciences*, 30(3), 184-186.



- Icochea, J., Reichle, S., De la Riva, I., Sinsch, U., Kohler J. (2004). *Telmatobius culeus*.
The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2014.3.
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T57334A11623098.en>
- Krebs, Ch. (1998). *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. Harla. México,
D. F.
- Leivas, P., Leivas., F. & Moura, M. (2012). Diet and trophic niche of *Lithobates
catesbeianus* (Amphibia: Anura). *Zoología*, 29(5): 405–412.
- López, J., Ghirardi, R., Scarabotti, P., y Medrano, M. (2007). Feeding ecology of
Elachistocleis bicolor in a riparian locality of the middle Paraná River.
Herpetological Journal, 17: 48-53.
- Loza-Del Carpio, A., Clavitea, J. & Delgado, P. (2016). Incidencia de aves granívoras y
su importancia como plagas en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*
Willd.) en el altiplano peruano. *Bioagro*, 28(3): 139-150.
- Loza-Del Carpio, A. & Mendoza W. (2017). Evaluación poblacional y estado de
conservación de *Telmatobius macrostomus* Peters, 1873 (Anura: Telmatobiidae)
en humedales altoandinos, Región Pasco-Perú. *Revista de Investigaciones
Altoandinas*, 19(2): 145 – 156.
- Macedo, H. (1960). "Vergleichende Untersuchungen an Arten der
Gattung *Telmatobius*." *Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie*, 163, 355-396.
- Magnusson, W., Lima A., Silva W. & Araújo M. (2003). Use of geometric forms to
estimate volume of invertebrates in ecological studies of diet overlap. *Copeia*, 1:
13-19.



- Mantilla, M.B. (2018). *Reproducción de la rana gigante (Telmatobius culeus, Garman 1875) del lago Titicaca en ambientes controlados, Puno*. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Escuela de Posgrado. Puno, Perú.
- Matoonn A. (2000). El declive de los anfibios. *World Watch*, 2: 10 – 21.
- Mendoza-Estrada, L., Lara López, R. y Castro-Franco, R. (2008). Dieta de *Lithobates zweifeli* Hillis, Frost y Webb 1984 (Anura: Ranidae) en un río estacional del Centro de México. *Acta Zoológica Mexicana* 24(1): 169-197
- Menéndez-Guerrero, P.A. (2001). Ecología trófica de la comunidad de anuros del Parque Nacional Yasuní en la Amazonía Ecuatoriana. Quito, Ecuador: Tesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Título de Licenciado en Ciencias Biológicas.
- MINAGRI. (2014). Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. DS 004-2014-MINAGRI. *El peruano*, 08 de abril del 2014: 520497-520504.
- Muñoz-Saravia, A., Callapa, G. y Janssens, G. (2018). Temperature exposure and possible thermoregulation strategies in the Titicaca water frog *Telmatobius culeus*, a fully aquatic frog of the High Andes. *Endangered Species Research*. 37: 91–103.
- Morales, J. y García-Alzate, C. (2018). Ecología trófica y rasgos ecomorfológicos del pez *Triportheus magdalenae* (Characiformes: Triportheidae) en el embalse El Guájaro, río Magdalena, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 66(3): 1208-1222.



- Narváez, A. & Ron, S. (2013). Feeding Habits of *Engystomops pustulatus* (Anura: Leptodactylidae) in Western Ecuador. *South American Journal of Herpetology*, 8(3): 161–167.
- Naya, D., Bozinovic, F y Sabat, P. (2005). Ecología nutricional y flexibilidad digestiva en anfibios. 2005. Cap. X. Ecología nutricional y flexibilidad digestiva en anfibios.
- Novack, A. J., Main, M. B., Sunkist, M. E., & Labisky, R. F. (2005). Foraging ecology of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in hunted and non-hunted sites within the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *Journal of Zoology*, 267(2): 167-178.
- Obertel, R. & Holisová V. (1974). Trophic niches of *Apodemus flavicolis* y *Clethrionomys glareolus* in low land fores *Telmatobius Acta Sci Nat Brno*, 8(7): 1-37.
- Parmelee J. R. (1999). Trophic ecology of a tropical anuran assemblage. *Sci Pap Univ Kansas Nat Hist Mus*, 11: 1–59.
- Perez-Bejar, M. E. (2005). "Cria en cautividad y uso sostenible de la rana gigante del Lago Titicaca (*Telmatobius culeus*)."
Monografias de Herpetologia, 7: 261-271.
- Pérez, E. (1998). Dieta y ciclo gametogénico anual de *Telmatobius culeus* en el Lago Titicaca. Tesis para optar el Titulo de Licenciada en Biología. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. (Biblioteca del Instituto de Ecología).



- Pérez, J. y Balta, K. (2011). Ecología de *Phyllodactylus angustidigitus* y *P. gerrhopygus* (Squamata: Phyllodactylidae) de la Reserva Nacional de Paracas, Perú. *Rev. peru. biol.* 18(2): 217 – 223.
- Powell R., J. S. Parmelee, M.A. Rice & D.D. Smith. (1990). Ecological observations on *Hemidactylus brooki haitianus* Meerwarth (Sauria:Gekkonidae) from Hispaniola. *Caribbean Journal of Science*, 26: 67-70.
- Premo, D. B. y Atmowidjojo, A. H. (1987). Patrones dietéticos de la "rana cangrejera", *Rana cancrivora*, en el oeste de Java. *Herpetológica*, 1-6.
- RNT – Reserva Nacional del Titicaca. (2003). Plan Maestro de la Reserva Nacional del Titicaca. INRENA. Puno, Perú.
- Salamanca, J. (2013). Ecoturismo para la conservación de la rana gigante del Titicaca (*Telmatobius culeus* CR), propuesta ecoturística para la comunidad Sicuani (Tesis de Pregrado). Universidad Simón I. Patiño, Facultad de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. Cochabamba, Bolivia. 127 p.
- Sanabria, E., Quiroga, L. & Acosta, J.C. (2007). Hábitos alimentarios de infantiles de *Pleurodema nebulosum* (Anura: Leptodactylidae), en Matagusanos, San Juan, Argentina. *Revista Peruana de Biología*, 14(2): 295-296.
- Silva, V., Morales, R., & Nava, M. (2014). Métodos clásicos para el análisis del contenido estomacal en peces. *Biológicas*, 16(2): 13-16.
- Strauss, R.E. (1982). Influence of replicated subsamples and subsample heterogeneity on the linear index of food selection. *Trans. Am. Fish. Soc.* 111: 517-522.



- Stuart, S., Hoffmann, M., Chanson, J., Cox, N., Berridge, R., Ramani, P., & Young, B. (Eds) (2008). *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Edicions, IUCN, and Conservation International, Barcelona, Spain; Gland, Switzerland; and Arlington, Virginia, USA.
- Sotelo, L. J. (1985). Introducción al estudio taxonómico preliminar y análisis bromatológico de la carne del sapo acuático (*Telmatobius culeus*) (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Puno, Perú.
- Suazo, I. & Alvarado, J. (2004). Anfibios: centinelas de la biodiversidad. *Ciencia y Desarrollo*, 30(178): 6-13.
- Sugai, J.L., Terra, J.S. y Ferreira, V.L. (2012). Dieta de *Leptodactylus fuscus* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae) no Pantanal do rio Miranda, Brasil. *Biota Neotrop.* 12(1): 99-104.
- Trujillo, W., Rodríguez, C. y Reyes, O. (2016). Análisis del contenido estomacal y la ecología trófica de la *Triportheus auritus* (Jolombo). *REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(11): 1-9.
- Van Dyke, N. y Drinkwater, E. J. (2014). Review Article Relationships between intuitive eating and health indicators: Literature review. *Public Health Nutrition*, 17(8): 1757-1766.
- Vellard, L. (1951). Estudio sobre batracios andinos, el grupo *Telmatobius* y formas afines. Memoria N° 1. Lima, Perú: Museo de Historia Natural Javier Prado.



- Vellard, J. (1991). LIBRO ROJO de la fauna silvestre de los vertebrados de Bolivia. Bolivia.
- Vidal, M. & Labra, A. (2008). Capítulo 16. Dieta de Anfibios y reptiles. En M. Vidal & A. Labra (Ed), *Herpetología de Chile* (pp 453-482). Chile: Springer Verlag.
- Villalobos, C. (2016). Propuesta de protocolo para el mantenimiento en cautiverio de la rana del Lago Titicaca (*Telmatobius culeus*) basada en experiencias previas (Tesis Pregrado). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Lima, Perú. 46 p.
- Victoriano, P., Muñoz-Mendoza, C., Sáez, P., Salinas, H., Muñoz-Ramírez, C., Sallaberry, M., Fibla, P. y Méndez, M. (2015). Evolution and Conservation on Top of the World: Phylogeography of the Marbled Water Frog (*Telmatobius marmoratus* Species Complex; Anura, Telmatobiidae) in Protected Areas of Chile. *Journal of Heredity*, 106: 546–559.
- Wells, K.D. (2007). The ecology and behavior of amphibians. University Chicago Press, Chicago, 1148 p.
- Zamora-Abrego J. G. y Ortega-León A. M. (2016). Ecología trófica de la lagartija *Xenosaurus mendozai* (Squamata: Xenosauridae) en el estado de Querétaro, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87(1): 140-149.

ANEXOS

ANEXO 1. DATOS DE CAMPO DEL CONTENIDO ALIMENTICIO, PRIMER MUESTREO

	Item alimenticio	Numero	Largo (mm)	Ancho (mm)	Volumen (mm) ³ unidad	Volumen total
1	Littoridina	5	6,70	2.69	25.3317771	126.658885
1	Taphius montanus	8	3.90	2.70	14.8551975	118.84158
1	Ostracodo	1	3.32	1.80	5.620428	5.620428
2	Hyaella	21	8.06	2.23	20.9426224	439.795071
2	Taphius montanus	1	3.24	2.80	13.272336	13.272336
3	Hyaella	6	7.72	2.99	36.0616814	216.370088
4	Hyaella	2	8.19	2.06	18.1595314	36.3190628
5	Hyaella	1	7.53	2.09	17.1859618	17.1859618
5	Littoridina	1	3.9	1.65	5.54777438	5.54777438
6	Hyaella	1	3.9	1.65	5.54777438	5.54777438
9	Littoridina	1	2.23	2.60	7.876583	7.876583
9	Taphius montanus	3	4.49	3.10	22.5453003	67.6359008
10	Hyaella	2	6.04	2.07	13.5227159	27.0454318
10	Littoridina	1	5.32	2.55	18.0749993	18.0749993
10	Carabidae	1	3.80	1.27	3.20241295	3.20241295
11	Hyaella	3	5.81	2.30	16.0589853	48.1769558
12	Taphius montanus	4	2.66	2.20	6.726874	26.907496
12	Larva Bothynus	2	6.16	2.87	26.5112863	53.0225727
12	Carabidae	2	3.88	1.33	3.58609097	7.17218194
12	Ostracodo	2	3.34	1.32	3.04074936	6.08149872
13	Littoridina	2	2.21	1.83	3.86705855	7.73411711
13	Taphius montanus	4	3.38	2.80	13.845832	55.383328
14	Hyaella	2	5.88	1.82	10.1766865	20.353373
14	Littoridina	3	6.01	2.69	22.7229821	68.1689464
14	Taphius montanus	2	3.06	2.89	13.3537551	26.7075102
15	Taphius montanus	2	3.86	3.11	19.5071749	39.0143498
16	Littoridina	3	4.36	2.31	12.1561694	36.4685082
16	Taphius montanus	3	4.03	3.84	31.0494413	93.1483238
16	Larva Bothynus	2	6.85	1.29	5.95602191	11.9120438
19	Hyaella	2	7.62	2.35	21.9875576	43.9751153
20	Hyaella	3	6.11	1.92	11.7687398	35.3062195
20	Ectemnostegella	1	5.81	2.39	17.3403648	17.3403648



ANEXO 2. DATOS DE CAMPO DEL CONTENIDO ALIMENTICIO, SEGUNDO MUESTREO

	Item alimenticio	Numero	Largo (mm)	Ancho (mm)	Volumen (mm) ³ unidad	Volumen total
1	Hyalella	13	6.3825	2.925	28.5317795	370.913134
2	Hyalella	6	6.4075	2.685	24.1358996	144.815397
4	Hyalella	7	5.7825	2.515	19.1107581	133.775307
5	Taphius	18	3.275	2.82	13.6080475	244.944855
5	Littoridina	13	5.265	2.397	15.8059549	205.477414
5	Heligmopoda	3	6.01	3.647	41.7669049	125.300715
6	Hyalella	5	5.927	2.713	22.7940139	113.97007
7	Ectemnostegella	1	4.78	2.54	16.1131936	16.1131936
7	Littoridina	1	5.74	2.51	18.8949449	18.8949449
7	Ostracodo	1	2.48	1.42	2.61285112	2.61285112
8	Ectemnostegella	1	6.04	3.57	40.2216299	40.2216299
8	Littoridina	3	5.713	2.623	20.5374775	61.6124324
8	Taphius	3	2.527	1.952	5.03096346	15.0928904
8	Ostracodo	1	2.11	0.97	1.03731873	1.03731873
10	Taphius	1	1.38	1.08	0.84103272	0.84103272
10	Hyalella	1	10.94	2.26	29.1958077	29.1958077
11	Taphius	3	4.21	3.84	32.436265	97.3087949
11	Hyalella	3	10.756	2.97	49.5735462	148.720639
12	Hyalella	1	11.44	2.69	43.2530641	43.2530641
12	Semilla vegetal	1	10.8	4.51	114.779184	114.779184
13	Hyalella	4	8.78	2.95	39.9231539	159.692616
14	Hyalella	7	9.98	2.46	31.5563708	220.894595
15	Hyalella	1	7.41	2.32	20.8391726	20.8391726
15	Austrelmis	1	5.11	0.80	1.708784	1.708784
16	Hyalella	3	5.62	1.88	10.3785889	31.1357666
17	Hyalella	10	7.50	2.93	33.6420769	336.420769
18	Taphius	2	3.98	3.17	20.89719	41.79438
18	Littoridina	1	5.57	2.61	19.8254249	19.8254249
20	Hyalella	8	6.95	2.55	23.6130159	188.904128
21	Hyalella	2	5.96	2.38	17.639508	35.2790161
21	Littoridina	10	5.78	2.46	18.2761346	182.761346
21	Taphius	19	3.95	3.05	19.1991972	364.784747
21	Austrelmis	2	7.02	0.94	3.24100062	6.48200124



**ANEXO 3. DATOS DE CAMPO DEL CONTENIDO ALIMENTICIO, TERCER
MUESTREO**

	Item alimenticio	Numero	Largo (mm)	Ancho (mm)	Volumen (mm) ³ unidad	Volumen total
1	Hyalella	4	11.42	4.47	119.225031	476.900125
1	Austrelmis	1	4.21	1.86	7.61016861	7.61016861
2	Hyalella	5	8.29	3.25	45.7517328	228.758664
3	Hyalella	9	7.18	2.85	30.4719649	274.247684
4	Hyalella	7	7.63	3.18	40.3148523	282.203966
5	Littoridina	2	5.31	2.42	16.2484354	32.4968708
5	Taphius montanus	1	5.16	3.85	39.9629423	39.9629423
5	Larva	2	3.52	0.58	0.61870688	1.23741376
6	Hyalella	7	6.92	2.60	24.442132	171.094924
7	Taphius montanus	2	3.15	2.70	11.9984288	23.9968575
8	Ectemnostegella	1	5.99	1.07	3.5832794	3.5832794
12	Hyalella	5	8.28	3.15	42.9277118	214.638559
13	Ispi	1	33.77	8.66	1323.28424	1323.28424
14	Hyalella	1	5.06	1.99	10.4699104	10.4699104
14	Littoridina	2	5.72	2.65	20.9881458	41.9762915
15	Heligmopoda	1	5.66	3.15	29.3443054	29.3443054
15	Ectemnostegella	1	6.70	0.68	1.6187468	1.6187468
16	Hyalella	2	10.36	2.72	40.048279	80.0965581
18	Taphius montanus	3	6.12	4.50	64.753425	194.260275
19	Littoridina	1	5.55	2.86	23.7198176	23.7198176
20	Hyalella	4	6.47	2.62	23.205619	92.8224761
20	Austrelmis	1	3.92	1.11	2.52358722	2.52358722
20	Littoridina	1	3.14	2.03	6.76095459	6.76095459
23	Ectemnostegella	1	9.03	2.65	33.1333839	33.1333839
23	Ostracodo	2	2.31	1.23	1.82603248	3.65206496
25	Hyalella	3	4.96	1.89	9.25745436	27.7723631



ANEXO 4. DATOS DE CAMPO DEL CONTENIDO ALIMENTICIO, CUARTO MUESTREO

	Item alimenticio	Numero	Largo (mm)	Ancho (mm)	Volumen (mm) ³ unidad	Volumen total
1	Hyaella	1	5.05	1.32	4.5975402	4.5975402
1	Ectemnostegella	1	7.23	2.54	24.372048	24.372048
2	Hyaella	3	7.02	2.47	22.3777962	67.1333885
2	Littoridina	1	5.77	2.51	18.993699	18.993699
2	Taphius	1	6.04	4.32	58.8966682	58.8966682
3	Hyaella	14	5.82	1.97	11.8016229	165.22272
3	Heligmopoda	1	3.96	2.66	14.640124	14.640124
4	Huevo	1	1.92	1.60	2.568192	2.568192
4	Hyaella	4	6.705	2.53	22.424673	89.6986921
4	Littoridina	1	5.73	2.45	17.9710348	17.9710348
4	Taphius	4	5.07	3.95	41.3321927	165.328771
7	Littoridina	1	5.64	2.59	19.7680999	19.7680999
7	Taphius	3	3.83	2.05	8.40993794	25.2298138
8	Taphius	1	5.89	3.48	37.2700588	37.2700588
9	Hyaella	2	7.73	2.23	20.0851701	40.1703403
10	Ostracodo	1	2.78	1.51	3.31195926	3.31195926
11	Hyaella	19	7.96	2.45	24.9649978	474.334957
12	Taphius	1	3.24	1.89	6.04720809	6.04720809
13	Hyaella	3	5.37	2.19	13.4570173	40.3710518
13	Littoridina	5	6.59	2.61	23.4559336	117.279668
13	Taphius	1	3.61	1.81	6.17946172	6.17946172
13	Austrelmis	1	7.41	2.78	29.9222395	29.9222395
13	Heligmopoda	2	4.71	2.78	19.0193992	38.0387984
17	Littoridina	2	5.03	2.01	10.6180898	21.2361796
17	Heligmopoda	1	4.66	2.98	21.6224419	21.6224419
18	Hyaella	3	7.87	2.35	22.7089342	68.1268026
18	Littoridina	1	2.93	1.80	4.960197	4.960197
20	Hyaella	2	6.88	1.78	11.3897643	22.7795286
21	Hyaella	2	5.48	1.98	11.2252813	22.4505626



ANEXO 5. CONSTANCIA DE LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA
RESOLUCIÓN N° 2787-2017-R-UNA
SUNEDU N°101-2017-SUNEDU/CD
"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION Y LA IMPUNIDAD"



CONSTANCIA

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA DE
LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO PUNO.**

HACE CONSTAR:

Que el Bachiller, **DARIO FLORES MAMANI** con código de matrícula 931292, con DNI: 02299712, Bachiller de la Facultad de Ciencias Biológicas, Programa de Ecología de la Universidad Nacional del Altiplano Puno; ha realizado su trabajo de investigación en el Laboratorio de Ecología Acuática titulado "ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA RANA DEL TITICACA *Telmatobius culeus* EN EL ÁMBITO DE LA BAHÍA DE PUNO, SECTOR CAPACHICA - LAGO TITICACA", durante los meses de mayo a diciembre del año 2019.

Se emite la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que se estime por conveniente.

Puno, 26 de noviembre de 2020

Atentamente,



**UNA
PUNO**

Firmado digitalmente por LOZA DEL
CARPIO Alfredo Ludwig FAU
20145498170 soft
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 01.12.2020 05:40:33 -05:00

.....
Alfredo Loza Del Carpio, M.Sc
Jefe del laboratorio de Ecología Acuática
Código 2003424