



**Reproducción de la rana gigante
(*Telmatobius culeus*, Garman 1875)
del lago Titicaca, en ambientes controlados - Puno**



**BELISARIO MANTILLA MENDOZA
DINA PARI QUISPE
MANUEL MAMANI FLORES**

Reproducción de la rana gigante (*Telmatobius culeus*, Garman 1875) del lago Titicaca, en ambientes controlados - Puno



La investigación, su esencia y arte.

Belisario Mantilla Mendoza

Dina Pari Quispe

Manuel Mamani Flores

Pampas – Tayacaja

2023

Reproducción de la rana gigante (*Telmatobius culeus*, Garman 1875) del lago Titicaca, en ambientes controlados – Puno

© Belisario Mantilla Mendoza
Email: bmantilla@unap.edu.pe
Dirección: Pasaje Pizarro 126 José Luis Bustamante y Rivero
- Arequipa - Perú

Dina Pari Quispe
Email: dpariquispe@gmail.com
Dirección: Jr. las Palmas Mz G lote 01, Yarinacocha, Coronel
Portillo, Ucayali, Perú

Manuel Mamani Flores
Email: madin3010@gmail.com
Dirección Jr. las Palmas Mz G lote 01, Yarinacocha, Coronel
Portillo, Ucayali - Perú

Editada por: *La investigación, su esencia y arte.*

© Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel
Hernández Morillo (UNAT)- Fondo Editorial.
Dirección: Bolognesi N° 416, Tayacaja, Huancavelica -Perú
info@unat.edu.pe
Telf: (+51) 67 -990847026
Web: <https://unat.edu.pe/>

Primera edición digital: Marzo de 2023

Libro digital disponible en <https://fondoeditorial.unat.edu.pe>

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2023-02764

ISBN: 978-612-49231-2-8

Corrección de estilo y Diseño y Diagramación: Gráfica “imagen”:

Gianmarco Garcia Curo

gianmarco.garcia.c@gmail.com / Telf: +51 925 622 439



La investigación, su esencia y arte.

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, su tratamiento información, la transmisión de ninguna otra forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
EL ESTADO DE ARTE.....	10
1. El ambiente acuático y reproducción de ranas	10
1.1. El lago Titicaca.....	10
1.1.1. Flora.....	13
1.1.2. Fauna.....	14
1.2. Reproducción de ranas	16
1.2.1. Factores fisicoquímicos que influyen en la reproducción de ranas	16
1.2.2. Reproducción y metamorfosis de ranas	19
2. La rana gigante del lago Titicaca (<i>Telmatobius culeus</i>).....	22
2.1. Clasificación Taxonómica.....	23
2.2. Características de la rana gigante del lago Titicaca (<i>Telmatobius culeus</i>)	24
2.3. Morfología externa e interna	25
2.4. Hábitat	28
2.5. Biología de la rana gigante del lago Titicaca (<i>Telmatobius culeus</i>)	29
2.6. Estado de Conservación de la rana gigante del lago Titicaca (<i>Telmatobius culeus</i>)	30
2.7. Rol de los anfibios en los ecosistemas	32
Planteamiento metodológico.....	34
3. Materiales y métodos	34
3.1. Lugar de estudio	34

3.2. Población	36
3.3. Muestra	37
3.4. Método de investigación	37
3.4.1. Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua para la reproducción de la rana gigante (<i>Telmatobius culeus</i>) del lago Titicaca	37
3.4.2. Para lograr la reproducción de la rana gigante (<i>Telmatobius culeus</i>) del lago Titicaca en condiciones controladas del CIPBS Chucuito	39
Balanza Electrónica	43
3.5. Análisis estadístico	44
4. Resultados y discusión	45
4.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua para la reproducción de la rana gigante (<i>Telmatobius culeus</i>) del lago Titicaca	45
4.1.1. Distribución superficial de los parámetros fisicoquímicos del agua del lago Titicaca	46
4.2. Reproducción de la rana gigante (<i>Telmatobius culeus</i>) del lago Titicaca en condiciones controladas del CIPBS – Chucuito	68
4.2.1. Periodo de amplexus	72
4.2.2. Periodo de desove	73
4.2.3. Periodo de eclosión	76
4.2.4. Periodo de larva	77
4.2.5. Periodo de renacuajo con miembros posteriores	79
4.2.6. Periodo de renacuajo con miembros anteriores	80
4.2.7. Periodo de reabsorción del apéndice caudal	82
4.2.8. Ciclo total de desarrollo	83

4.2.9. Metamorfosis de <i>Telmatobius culeus</i>	85
4.2.9.1. Capacidad de desove	85
4.2.9.1. Larvas	87
4.2.9.3. Renacuajo con miembros posteriores	88
4.2.9.4. Renacuajo con miembros anteriores	90
4.2.9.5. Renacuajo con apéndice caudal reabsorbido	91
CONCLUSIONES	93
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	96
ANEXOS	107



La investigación, su esencia y arte.

INTRODUCCIÓN

En el mundo hay cerca de 200 países, de los cuales 17 han sido definidos como países megadiversos, caracterizados por presentar una gran biodiversidad del planeta, en estos países, que representan menos del 10% de la comunidad mundial, habitan entre 60-70% de las especies endémicas de la tierra. De las cuales Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela son considerados megadiversos y lideran el mundo en cuanto al número de especies de anfibios, aves, mamíferos, mariposas y peces de agua dulce (Mittermeier *et al.*, 1997).

Asimismo, en la tierra existen alrededor de 5,948 especies de anfibios, distribuidas en todos los ambientes terrestres y de agua dulce, pero ausentes en los hábitat más fríos o secos del planeta (Frost *et al.*, 2006). En América existen 241 especies en la región Neártica y 2,465 especies en el Neotrópico (Duellman, 1999); siendo esta última región la más rica y diversa del mundo. Por otra parte, los anfibios son una clase de vertebrados que incluye ranas, sapos, salamandras, tritones y cecilias. Puesto que existen en la tierra por más de 300 millones de años, pero en los últimos dos decenios ha habido un alarmante número de extinciones (Stuart *et al.*, 2004). Sin embargo, en la evaluación Global de Anfibios (Global Amphibian Assessment, GAA), casi un tercio

(32%) de las especies de anfibios del mundo son conocidas por estar amenazadas o extintas, 43% por no estar amenazadas y 25% tienen datos insuficientes para determinar su estado de conservación (UICN, 2008).

En el Perú se registra aproximadamente 571 especies de anfibios, de los cuales 146 están en alguna categoría de amenaza, esto por diferentes causas que incluyen la fragmentación de su hábitat, la competencia por el alimento con las especies introducidas, las epidemias por el hongo Quitridio que se asume, afecta a la piel de los anfibios, sofocándolos, y por otro lado se tiene el comercio ilegal de fauna silvestre que, aunque no existen datos precisos se presume que genera grandes ingresos económicos (Museo de Historia Natural, 2015).

Sin embargo, en Puno el comercio ilegal de la rana gigante del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*), contribuye al declive de su población, como también la contaminación de su hábitat y además las aguas del lago Titicaca, tiene condiciones ambientales muy adversas, como bajas temperaturas, la alta radiación ultravioleta, altura que supera los 3,800 msnm, pero existen familias de anfibios, que lograron adaptarse a estas condiciones como es el caso de Ceratophryidae (Vellard, 1991).

El lago Titicaca es un ecosistema alto andino que históricamente presenta condiciones climáticas, fisicoquímicas y geofísicas particulares, que han permitido el desarrollo de diferentes organismos de fauna y flora restringidas a este ecosistema. *Telmatobius* es un género de anfibios andinos mayormente acuáticos. *Telmatobius culeus*, es una especie endémica del Titicaca, con adaptaciones únicas que le permiten desarrollar una vida completamente acuática. Actualmente se encuentra categorizada en peligro crítico de extinción (CR) (Icochea *et al.*, 2004) debido a la diversidad de amenazas que enfrenta y su continua tendencia al declive. Por sus adaptaciones únicas, es valiosa para la ciencia y la medicina. Asimismo, es un excelente indicador de la calidad ambiental por la sensibilidad que presenta a las perturbaciones; además, culturalmente simbolizan suerte, fertilidad o riqueza (Danhier, 2011).

EL ESTADO DE ARTE

1. El ambiente acuático y reproducción de ranas

1.1. El lago Titicaca

El lago Titicaca se encuentra ubicado en la frontera política entre Perú y Bolivia, a una altitud aproximada de 3,809 msnm y con una superficie aproximada de 8,400 km², correspondiendo el 55% a la República del Perú y el 45% a la República de Bolivia

(3,790 km²). Este recurso hídrico, junto con el río Desaguadero, el lago Poopó y el Salar de Coipasa, forman el sistema TDPS, el cual tiene una extensión total de 143,900 km². Su superficie de aproximadamente 8,400 km² está dividida en dos cuencas lacustres: el lago menor (Huiñaimarca) y el lago mayor (Chucuito), los cuales están unidos por el estrecho de Tiquina, de 800 m de ancho y 21 metros de profundidad, igualmente la profundidad máxima del lago mayor es de 281 metros, mientras que la del lago menor, solo alcanza 40 m. Más de dos tercios del primero tiene una profundidad superior a 150 m, en tanto que el segundo tiene solamente una profundidad de 5 a 10 metros en la mayor parte de su extensión (Dejoux & Iltis, 1991).

Por otro lado, el lago Titicaca y la Reserva Nacional del Titicaca, provee diversos recursos a las poblaciones aledañas, entre ellos la totora, llacho, y algunas algas donde habitan peces endémicos, anfibios y aves (Tabla 1); así mismo, favorece la agricultura y la ganadería en las riberas, debido a la influencia de sus aguas sobre el clima (Ministerio de Agricultura, 2004). Por otro lado, se establece que el litoral del lago Titicaca constituye el principal medio ecológico para el desarrollo y producción de los macrofitos emergentes, sumergidas y flotantes de las cuales las principales son *Schoenoplectus tatora* “Totora” *Elodea potamogetum* “Llacho” y *Lenna sp.* “Lenteja de agua”

(Goyzueta, 1996), los totorales ocupan casi el 70% de la superficie de la Reserva Nacional del Titicaca (Ministerio de Agricultura, 2004).

Sin embargo, esta cuenca es una unidad geográfica, hídrica y ecológica que contienen poblaciones de peces, anfibios y aves endémicos, únicos en el mundo, cuyas poblaciones se encuentran en peligro de extinción y algunos al borde del colapso (ALT, 2012).

Tabla 1

Número de especies reportadas a nivel mundial, en el Perú y referencia para el lago titicaca (2010)

Biodiversidad	N° de especies		
	Mundial (PNUMA, 2010)	Perú (MINAM, 2010)	Lago Titicaca (Bojorquez, 2013)
PECES	30,700	2,370	15
ANFIBIOS	6,347	538*	5
REPTILES	8,734	395	7
AVES	9,990	1,816	67
MAMIFEROS	5,847	462	11

*Aguilar *et al.* (2010)

1.1.1. Flora

La flora del lago Titicaca, está dividido en dos grupos de vegetación terrestre, se caracteriza por la presencia de las gramíneas y arbustos de baja y mediana altura y la acuática que principalmente está representada por las macrófitas (CEPES, 2009). Además la vegetación acuática está constituido por el fitoplancton como las cianofitas, clorofitas y diatomeas que constituyen el 90% y las macrófitas que se caracterizan por la presencia de *Schoenoplectus tatora*, *Elodea spp*, *Myriophyllum spp* y *Chara spp* (Fontúrbel, 2008).

Sin embargo, Dejoux & Iltis (1991) precisan que las plantas superiores están representadas por un número muy pequeño de especies en las aguas del Titicaca, comparándose esta flora con los pequeños lagos de la cordillera. Pero ALT & PNUD (2002) señalaron que la flora del lago Titicaca está constituida por los macrófitos y estas tienen un rol importante en la permanencia, desarrollo y hábitat de especies de fauna como zooplancton, peces, anfibios y aves.

Así mismo, se observa que entre las macrofitas acuáticas más importantes, tenemos a la lenteja de agua (*Lemna sp*) que es una macrófita flotante de presencia frecuente en aguas con altas tasas de ingreso de nutrientes y es una especie introducida, coloniza

las zonas de aguas eutróficas de las riberas, en las que se observa una capa superficial. Una característica de esta especie es su gran capacidad para retirar nutrientes del medio y convertirlos en materia vegetal, lo que la convierte en un buen descontaminante del agua (Raynal-Roques, 1991).

Por otra parte, las carofíceas constituyen el otro gran grupo de macrófitas del lago. Se encuentran mezcladas con *Elodea* y *Myriophyllum*, formando grandes masas mixtas dominadas por *Chara sp.* y *Nitella clavata*. Estos últimos taxones dominan zonas más profundas, donde forman masas prácticamente mono específicas. Las especies de carofíceas presentes son: *Chara fibrosa*, *Chara globularis*, *Chara baltica* variación andina, *Chara papillosa*, *Chara vulgaris*, *Chara contraria*, *Chara gymnophylla*, *Chara denudata*, y *Nitella clavata*. Del fondo del lago Titicaca recubierto por vegetación, un tercio está cubierto por *Chara*, constituyendo un porcentaje muy alto de la biomasa vegetal total y de la producción primaria (60% en el lago Menor) (Guerlesquin, 1991).

1.1.2. Fauna

En el lago Titicaca existen registradas 159 especies de fauna, de las cuales 15 son mamíferos, 105 son aves, 9 son anfibios, 4 son reptiles y más de 26 son peces (Baes, Romero & Ferri, 2013), 18

especies de zooplancton y numerosas especies de invertebrados. De ellos, el zooplancton o plancton animal, viven suspendidos en la columna de agua debido a su escasa capacidad de locomoción. Los principales taxones presentes en el lago Titicaca son a) Copépoda, el más abundante en biomasa y de reproducción continua durante todo el año y b) Cladóceras, del cual se han identificado 31 especies en el lago. La biomasa total de zooplancton oscila a lo largo del año entre 5 y 20 g/m², con tendencia a alcanzar un máximo en invierno y primavera, aunque los altibajos son notables. El cladóceras se encuentra mayormente en las bahías, mientras que el copépoda predomina en el lago Mayor (Northcote *et al.*, 1991).

Asimismo, los peces nativos del lago Titicaca están representados principalmente por los géneros *Orestias* y *Trichomycterus* (Mollocondo & Salas, 2013), sin embargo, es posible encontrar en la zona litoral del Titicaca, 16 especies del género *Orestias* y 2 del género *Trichomycterus*, en la zona pelágica habitan diminutos peces del complejo ispi, además de la trucha y el pejerrey (Treviño *et al.*, 2013).

Por otro lado, el Perú es uno de los países con mayor diversidad de anfibios en Sudamérica, ocupando hace algunos años el quinto lugar, aumentando en número en los últimos años entre

el 2005 y 2010, donde se reportaron nuevas especies (Aguilar *et al.*, 2010). Sin embargo, en el lago Titicaca y la Reserva Nacional del Titicaca habita la rana gigante del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*) y otra más pequeña (*Telmatobius marmoratus*) (Ministerio de Agricultura, 2004).

En cuanto a las aves es posible observar poblaciones de aves acuáticas por las zonas o niveles hidrológicos del lago, ello a la disposición de totorales y llachales (Goyzueta *et al.*, 2009), por lo que constituyen el hábitat, lugar de alimentación, reproducción, refugio y dormitorio de muchas aves acuáticas durante todo el año permitiendo además su conservación (Mamani *et al.*, 2013)

1.2. Reproducción de ranas

1.2.1. Factores fisicoquímicos que influyen en la reproducción de ranas

Los factores físicos ambientales del altiplano, condicionan la vida de estos batracios. Para resistir estos factores adversos, ofrecen modos distintos de adaptación, buscando sitios húmedos, llegando en algunos casos a llevar una vida exclusivamente acuática o adquiriendo una piel muy áspera, glandulosa con tegumentos fuertemente córneos (Vellard, 1951).

Los parámetros fisicoquímicos del ambiente acuático, han sido objeto de observaciones puntuales por diferentes investigadores, la temperatura, el tenor del oxígeno y la transparencia, son los parámetros para los cuales se sienten las medidas más numerosas (Dejoux e Iltis, 1991).

Sin embargo, Ascencio *et al.*, (2017) precisa que la temperatura del lago Titicaca oscila entre 11 a 17 °C con un promedio de 10°C donde vive *Telmatobius culeus*.

Así mismo, Mantilla (2004), indica que la temperatura del agua es uno de los parámetros fisicoquímicos que influye directamente en las actividades fisiológicas de los organismos acuáticos, particularmente en la respiración, crecimiento y reproducción. Sin embargo, la temperatura es un factor determinante en el rápido desarrollo de ranas, su optimización es más rigurosa en la fase de renacuajo debido a la diferencia de temperatura entre el cuerpo del renacuajo y el agua y es solo de 0.5 a 1.5 °C (ALT & PNUD, 2002).

Por otro lado, la cuenca del lago Titicaca presenta gran amplitud térmica entre el día y la noche, aunque el lago modera el clima disminuyendo dicha amplitud de temperaturas. En el agua del lago la temperatura promedio es de 13 °C, con variaciones mensuales pequeñas (12 a 14 °C). La temperatura media mínima

anual es de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la media máxima es de $15.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que la temperatura media anual es de $7.4\text{ }^{\circ}\text{C}$. En toda la cuenca las temperaturas medias más bajas se registran en julio, en pleno invierno, mientras que la más elevada se sitúan entre octubre o noviembre, ya que la nubosidad es menos fuerte que en la época de precipitaciones en el verano (enero, febrero) (Dejoux e Iltis, 1991). Asimismo, la temperatura en el lago Titicaca fue de 11.9 a 13.2 (IMARPE, 2014).

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos que permiten el desarrollo de *Telmatobius culeus*, son la temperatura, pH, pero la piel vascularizada de *Telmatobius culeus*, con pliegues permite compensar la absorción de oxígeno disuelto en el agua y las bajas temperaturas del agua (Aguiliar *et al.*, 2010), es decir es el anfibio más grande del mundo, capaz de extraer oxígeno del agua usando su piel (Amphibian, 2012). Por lo tanto, la concentración de oxígeno disuelto es un factor que puede llegar a ser peligroso, si se reduce drásticamente ya que los organismos lo utilizan para respirar (Vergara, 2004). Sin embargo, el ALT & PNUD, (2002) precisa que el oxígeno disuelto del agua tiene una relación inversa con la temperatura, es decir cuánto más fría es el agua, mayor es el tenor de oxígeno disuelto.

Otros factores fisicoquímicos importantes para el desarrollo de las ranas es la transparencia y el pH, la transparencia de un cuerpo de agua es importante porque cuanto más clara y transparente es el agua, mayor será la penetración de la luz, consecuentemente mayor será el desarrollo del fitoplancton y zooplancton que es la fuente de alimento de renacuajos y adultos, asimismo el rango de variación de pH es adecuado en un 6.5 a 7.5 para la crianza de la rana, variaciones mayores pueden causar la muerte (ALT & PNUD, 2002).

1.2.2. Reproducción y metamorfosis de ranas

Según Pérez (1998) la madurez sexual de ranas se inicia a partir de los 2 años y 8 a 9 meses. Sin embargo, la mayoría de los anuros son maduros sexualmente a partir de los dos años, la rana toro es madura a los 3 años, pero se reproducen con bastante éxito a los 6 a 7 años y la rana chilena se reproduce entre los 3 a 4 años (Kimball, 1982). Sin embargo, Ramos (2000) precisa que la época de reproducción de las ranas es en primavera, donde el ovario se encuentra repleto de ovas maduras.

Duellman (1985) precisa que en el amplexus se lleva a cabo las contracciones musculares del brazo del macho y contracciones abdominales de la hembra, estas contracciones permiten a que los óvulos bajen del oviducto y se produzca el desove.

Asimismo, Pérez (1998) indica que el amplexus en condiciones naturales dura 48 horas. Sin embargo, Ramos (2000) precisa que el amplexus en *Telmatobius culeus* dura de 2 a 3 días, desovando en varias oportunidades y lugares sobre sustratos que pueden ser plantas acuáticas o piedras.

Por otro lado, *Telmatobius culeus* presenta un ciclo espermático y ovo génico anual continuo, donde la hembra puede llegar a colocar 113 ovas en condiciones de cautiverio y en condiciones naturales hasta 500 ovas (Pérez, 1998). Sin embargo, Cuentas (1996), precisa que esta especie puede colocar en condiciones naturales hasta 1800 ovas, es decir, que durante el día pueden desovar de 10 a 20 ovas en cada postura. Pero ALT & PNUD (2002), precisa que la hembra de la rana grande de Chile *Caudiverbera caudiverbera*, puede desovar entre 1,500 a 10,000 ovas, dependiendo de la edad y desarrollo de la rana, mientras que la rana de Junín llega a desovar desde 500 a 2,500 ovas. En tanto que Pérez (1998) precisa que la variación del número de ovas es probablemente a causa de la madurez sexual y época del año.

Para Pérez (2005) el desarrollo de ova a renacuajo de *Telmatobius culeus* en cautiverio ocurre a los 7 días a 22 °C. Mientras que la eclosión de *Caudiverbera caudiverbera* se

produce desde los 4 días a 3 semanas, pero la eclosión de la rana de Junín se lleva a cabo de 14 a 20 días, en un 70% a los 14 días, el porcentaje de larvas nacidas vivas es el 90%, donde los 15 primeros días se alimenta de su saco vitelino (ALT & PNUD, 2002). Sin embargo, Ramos (2000) precisó que las larvas de *Telmatobius culeus* reabsorbieron su saco vitelino entre los 6 a 7 días.

En la metamorfosis de la rana de Junín, se considera renacuajo I, donde se forma a partir de los 12 hasta los 15 meses, se caracteriza por la aparición y formación de las extremidades posteriores y renacuajo II, se forma desde los 15 hasta los 19 meses en esta etapa se observa la aparición de las extremidades e inicia la reabsorción de la cola (ALT & PNUD, 2002). Pero *Telmatobius culeus* a los 100 días desarrolla las patas posteriores (Ramos, 2000).

Por otro lado, iniciando la reabsorción de la cola se va dando lugar a la rana en estadio juvenil de Junín y a partir de los 2 años van desarrollando el dimorfismo sexual, la selección se realiza a partir de los 30 meses de edad, en la que se encuentra sexualmente maduro, pero *Caudiverbera caudiverbera* llega a ser adulto entre los 22 a 25 meses (ALT & PNUD – 2002).

2. La rana gigante del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*)

Telmatobius y el género *Batrachophrynus* son los dos únicos géneros reconocidos de telmatobiinae presentes en los andes centrales. Las especies de ambos géneros presentan adaptaciones para la vida en la altitud de los andes, siendo los hábitat acuáticos en bofedales, riachuelos, lagunas o lagos alto andinos (Aguilar & Valencia, 2009).

EL género *Telmatobius*, reúne a numerosas formas de batracios andinos cuya taxonomía sigue muy discutida. Los factores físicos ambientales del altiplano, condicionan la vida de estos batracios. Para resistir a estos factores adversos, ofrecen modos distintos de adaptación, buscando sitios húmedos, llegando en algunos casos a llevar una vida exclusivamente acuática, o adquiriendo una piel muy áspera, glandulosa con tegumentos fuertemente córneos (Vellard, 1951). Así mismo, los *Telmatobius* presentan variaciones considerables, favorecidas por el aislamiento de los biotopos en las regiones andinas, repercutiendo de modo profundo no solo en su morfología externa, caracteres internos, y su ciclo biológico, como: ciclo sexual, duración del periodo larvario, talla de los renacuajos y otros (Vellard, 1951). En la cuenca del Titicaca se encuentra una especie grande con adaptaciones exclusivamente acuáticas en

lagos y lagunas, *Telmatobius culeus*, (Vellard 1951; Hutchinson *et al.*, 1976)

2.1. Clasificación Taxonómica

Según Pérez (1998), basándose en Garman (1876), Barbour & Noble (1920), Lavilla (1989), clasifica a *Telmatobius culeus* de la siguiente manera:

Phyllum	: Chordata
Sub-phyllum	: Vertebrata
Clase	: Amphibia
Subclase	: Apsidospondyli
Superorden	: Salientia
Orden	: Anura
Familia	: Leptodactylidae
Género	: <i>Telmatobius</i>
Especie	: <i>Telmatobius culeus</i>

Nombres comunes: “kaira” o “quelle” según los pobladores de la zona aymara y quechua, “rana gigante del lago” y Huankele” según Ergueta y Harvey (1996), “ranas altoandinas” según Rodríguez (1996) y “sapo acuático” según Jacques Yves Cousteau, creando incertidumbre sobre la existencia de ranas en el altiplano.

2.2. Características de la rana gigante del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*)

Telmatobius culeus (Anura, Leptodactylidae), conocida comúnmente como rana gigante, es una de las especies endémicas más importantes del lago Titicaca. Se caracteriza por su gran tamaño frente a otros anuros de la región, ya que alcanza en promedio unos 16 cm de largo y en algunas ocasiones puede llegar a medir hasta 18 a 20 cm, medida cefalocaudal (Fontúrbel, 2004).

Esta especie desova exclusivamente en los tallos de *Schoenoplectus tatora*. “totora”, ciperácea muy común en el lago Titicaca (Pérez, 1998), sin embargo, esta macrofita está experimentando una drástica reducción por el uso irresponsable que se realiza con ella, pues es extraída masivamente para subvencionar la actividad ganadera intensiva que desde hace algunos años se viene incrementando exponencialmente en la región (Fontúrbel, 2004). Así mismo, *Telmatobius culeus* es una especie confinada al lago y lagunas interconectadas, fue descrito por Garman en 1875 basándose en especímenes colectados en aguas profundas, lejos de la costa, (Benavides, 2005). La especie está caracterizada por rasgos morfológicos inusuales, relacionados al hábitat en que desarrolla su vida (Hutchinson,

1982). El acto de mover y desplegar los pliegues del dorso, costados y piernas, remueve la barrera existente entre la epidermis y el agua permitiendo obtener mayor cantidad del oxígeno limitado en su medio de vida (Hutchinson *et al.*, 1976) de todos los anfibios del lago Titicaca, *Telmatobius culeus* cuenta con mayor información, debido a que es una especie endémica de color verde oscuro, piel altamente vascularizada (Aguilar *et al.*, 2010).

2.3. Morfología externa e interna

Es de un cuerpo grande, llegando a medir hasta 145 mm de SVL (longitud de boca a ano), Jackes-Yves Cousteau (1993) afirma que mide 50 cm de longitud total (desde la boca hasta el extremo posterior de las patas extendidas) y un peso de 1 Kg. La hembra es más grande que el macho (Cuentas, 1996).

La cabeza es grande, ancha y aplanada, de contorno redondeado (Cuentas, 1996). Los ojos y los oídos son muy influenciados por la vida acuática de los *Telmatobius*, alcanzando su grado más alto de especialización en *Telmatobius culeus*, *T. escomeli* y *Batrachophrynus macrostomus*; los ojos se deslizan hasta la parte superior del cráneo, volviéndose globoso y salientes, con cristalinos esféricos, igual al de los peces, adaptados a una visión acuática con una membrana nictitante externa protectora,

además le permite visualizar con mayor precisión objetos en movimiento (Vellard, 1951). Presenta una membrana timpánica visible, de forma redonda, localizada en la parte posterior e inferior de la cabeza, por detrás del globo ocular, externamente no se observa ningún orificio (Cuentas, 1996; Garman, 1875; Pérez, 1998), señala que el tímpano está oculto y la trompa de Eustaquio no es visible, obliterada o ausente según (Vellard, 1951); las especies exclusivamente acuáticas como *Telmatobius culeus* y *B. macrostomus*, la presencia del anillo timpánico es nulo o vestigial, y un par de agujeros internos denominados coanas, localizadas en la parte distal del palatino, delante de los dientes vomerianos y vértice del triángulo maxilar superior, no presenta saco bucal; la lengua es más ancha hacia delante (Garman, 1875; Pérez, 1998), es redondeada, a veces un poco alargada, libre en su parte posterior y en parte de sus bordes laterales, fija en la parte anterior, (Vellard, 1951; Cuentas, 1996). Presenta generalmente dientes vomerianos, en dos pequeños grupos entre las coanas interiores (Vellard, 1951). Según Pérez (1998), los dientes vomerianos están reducidos a un mínimo, a menudo estos están ausentes en una parte o por completo; dientes maxilares superiores siempre presentes (Vellard, 1951; Cuentas, 1996; Pérez, 1998).

Las extremidades posteriores son más alargadas que las anteriores, llegando a ser más largo que su propio cuerpo (SVL), permitiéndoles dar largos saltos, con 5 dedos unidos por una membrana interdigital bien desarrollada, que les favorece en la natación; las extremidades anteriores son cortas en comparación a las posteriores, con cuatro dedos cortos y libres; en los machos, estos dedos son engrosados y de una coloración oscura, presentando además una callosidad en forma de almohadilla, denominada prepollex, cuya función es de sujeción a la hembra durante el amplexus; los dedos son finos, delgados y carentes de coloración en las hembras, (Vellard, 1951; Cuentas, 1996; Garman, 1875 y Pérez, 1998).

La coloración de la piel es variable en los diferentes individuos, desde el olivo oscuro uniforme a oscuro irregular con motas blancas, frecuentemente diseminado con puntos, hasta parecer gris, dorsalmente gris plomizo, la coloración ventral es gris claro (Cuentas, 1996).

El esqueleto de *Telmatobius culeus* es débil y menos osificado que *T. marmoratus*; el cráneo es similar a una cascara delgada (Garman, 1875 y Pérez, 1998).

Asimismo, la longitud hocico-cloaca de los machos 120 mm, de las hembras 138 mm, cabeza con perfil lateral deprimido, con

hocico puntiagudo; hocico sub acuminado en vista dorsal; labios acampanados; glándula post comisural presente o ausente; tímpano no es visible; notorio pliegue supra timpánico; extremidad anterior masculina normal, sin espina humeral; espículas nupciales diminutas; las almohadillas nupciales cubren la mayor parte de la superficie interna del pulgar y parte del tubérculo palmar interno; membranas interdigitales variables, desde 1/2 a 2/3 de las longitudes de los dedos. Los dedos de la mano son libres (Pérez, 2000); superficie plantar lisa; pliegue del tarso presente, bien marcado; piel dorsal de la mayoría suave (ricamente vascularizada en la superficie, holgada en los muslos y los flancos, especialmente en los ejemplares grandes; dorso muy variable, marrón, gris o marrón verdoso, con o sin un patrón de puntos amarillo pálido, grises o blancos; vientre, garganta, y superficies ventrales de las extremidades blancas o grises, con o sin un jaspeado, patrón irregular de puntos claros y oscuros; iris marrón pálida, con diminutas manchas negras (De La Riva, 2005); disco dorsal grueso (Benavides *et al.*, 2002).

2.4. Hábitat

Es completamente acuático (a diferencia de la mayoría de anuros que son semiacuáticos). Las zonas ecológicas preferidas por *Telmatobius culeus* son los espacios cubiertos de macrófitas,

Myriophyllum sp, *Potamogeton sp*, *Elodea sp*, *Schoenoplectus tatora* y algas) con poblaciones diversas de macro invertebrados (Pérez, 1998). Pero según el Ministerio de Agricultura (2004) *Telmatobius culeus* vive en el lago Titicaca y pasa su existencia bajo varios metros y suben raramente a la superficie. Sin embargo, Aguilar & Valencia (2009) precisan que en la cuenca del Titicaca se encuentra *Telmatobius culeus*, que es una especie grande con adaptaciones exclusivamente acuáticas como en lagos y lagunas.

Por otro lado, el Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente (2001) precisa que *Telmatobius culeus* se encuentra en el lago Titicaca, pequeñas lagunas y ríos en las cercanías del lago Titicaca, así como, en las salientes rocosas en los bordes del agua.

2.5. Biología de la rana gigante del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*)

Telmatobius culeus desova exclusivamente en los tallos de la totora, esta es una de las razones por la que está experimentando una drástica reducción a sus poblaciones (RNT, 2010). Sin embargo, en estado juvenil es muy parecido a juveniles del *Telmatobius marmoratus*, pero en lugar de estar bien levantados

y acondicionados con palmas y tubérculos plantares, es deprimido y aplastado (Pérez, 1998).

Asimismo, para llevar a cabo la reproducción se debe seleccionar un área determinado para la producción de ranas, donde se realice todo el proceso de desarrollo y crecimiento en un medio natural, desde el desove, eclosión, renacuajo, juveniles y desarrollo comercial de los mismos (ALT & PNUD, 2002)

2.6. Estado de Conservación de la rana gigante del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*)

El Libro Rojo de los Vertebrados de Bolivia incluye a *Telmatobius culeus* en la categoría de especie vulnerable (Ergueta & Harvey, 1996). En el año 2001, el “Taller de Fauna Amenazada de Bolivia” mantuvo a la especie en esta categoría debido a que los datos eran aún insuficientes para incluirla en una categoría de mayor amenaza.

En Perú, el Decreto Supremo No. 013-99-AG lista a la “Rana del Titicaca” como especie amenazada, y aclara que su uso debe ser promocionado a través de zoo criaderos o Áreas de Manejo. Aún con esto, en los últimos años se ha descrito la caza de esta especie sin ninguna regulación legal (Ergueta & Harvey, 1996; Pérez, 2002).

En 1977, el Gobierno Peruano, mediante Resolución Ministerial N° 1710-77-AG promulga la primera lista de categorización de especies de flora y fauna silvestre amenazadas y en peligro de extinción; clasificándolas de la siguiente manera: En vías de extinción, en situación vulnerable, en situación rara y en situación indeterminada

En esta primera categorización, no se incluye a *Telmatobius culeus*. Mediante Resolución Ministerial N° 01082-90-AG/DGFF del 14 de septiembre de 1990, se aprueba la clasificación oficial de las especies de la fauna silvestre; donde se considera a *Telmatobius culeus* dentro de las especies en situación indeterminada, dejando sin efecto a la R.M. N° 1710-77-AG.

Pulido (1991), en el Libro Rojo de la Fauna Silvestre del Perú considera a *Telmatobius culeus*, en la categoría de especie en situación rara, mientras que el Instituto Nacional de Recursos Naturales (1997), considera a esta especie en situación indeterminada.

En la clasificación oficial de las especies amenazadas de la fauna silvestre peruana; las especies *Telmatobius culeus* y *Telmatobius marmoratus* están consideradas en la categoría de especies en situación vulnerable, al igual que se considera en Bolivia de

acuerdo al “Libro Rojo de los Vertebrados de Bolivia” (UICN, 2008)

Pulido (1996), afirma que *Telmatobius culeus*, especie endémica del lago Titicaca se encuentra protegida en la Reserva Nacional del Titicaca (Rodríguez, 1996), señala que la cuenca del lago Titicaca es una zona endémica de *Telmatobius culeus* y debe ser considerada como área prioritaria de conservación.

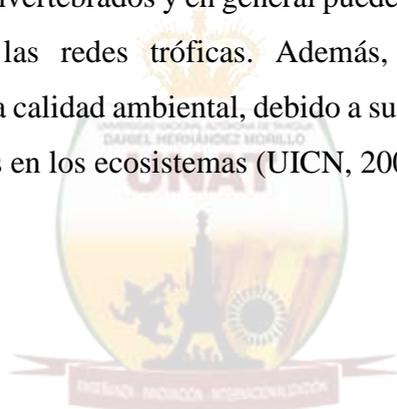
Por Decreto Supremo 013-99-AG, publicada el 19 de mayo, se aprueba la nueva lista de categorización de especies amenazadas de fauna silvestre, considerando a *Telmatobius culeus* en la categoría de situación indeterminada.

Además, se decreta que, desde el primero de enero del 2000, está prohibido la caza, extracción, transporte y/o exportación con fines comerciales de todo espécimen, producto y/o subproducto de las especies de fauna silvestre, a excepción de los provenientes de zoo criaderos o Áreas de Manejo de Fauna Silvestre, debidamente autorizadas por el INRENA del Ministerio de Agricultura.

2.7. Rol de los anfibios en los ecosistemas

Frecuentemente el papel de los anfibios en el ecosistema es subestimado, sin embargo, son especies clave para varios ecosistemas acuáticos y terrestres. Los renacuajos influyen la

abundancia y estructura de la comunidad de fitoplancton, así como, la dinámica de la materia orgánica. Tienen un rol importante sobre el flujo de energía y ciclo de nutrientes entre ecosistemas terrestres y acuáticos acumulando eficientemente energía y transmitiéndola a niveles superiores (Pierce 1985 en Génova 2011). La desaparición de anfibios en los ecosistemas puede llevar a la eutrofización del agua, cambios en la abundancia de invertebrados y en general pueden crear un efecto cascada sobre las redes tróficas. Además, son excelentes indicadores de la calidad ambiental, debido a su alta sensibilidad a perturbaciones en los ecosistemas (UICN, 2008).



La investigación, su esencia y arte.

Planteamiento metodológico

3. Materiales y métodos

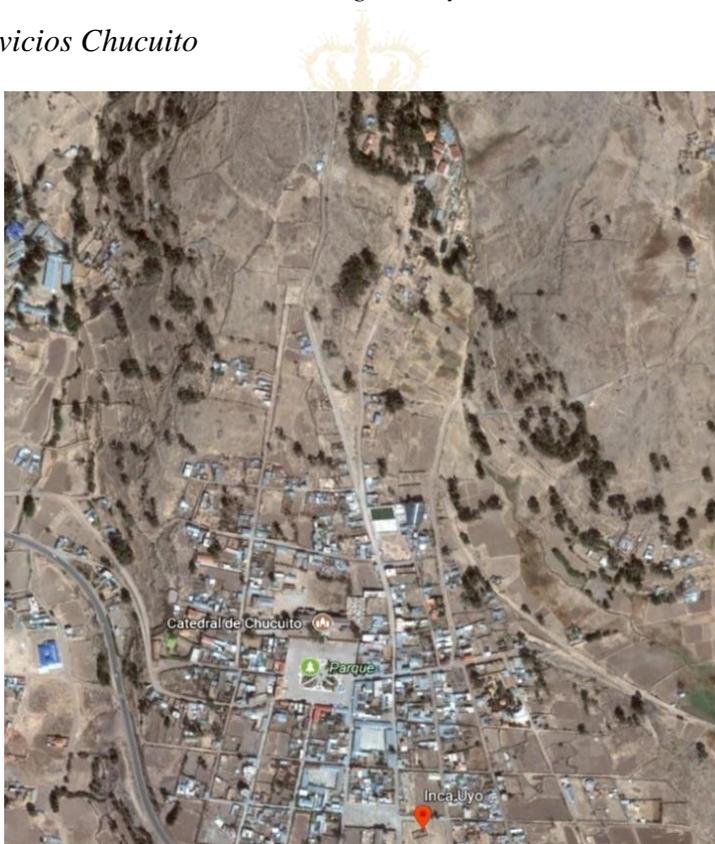
3.1. Lugar de estudio

El lago Titicaca, recurso hídrico continental más importante del país, se localiza en territorios de las repúblicas de Perú y Bolivia, a una altitud de 3,809 m.s.n.m. ubicada a $15^{\circ}13'19'' - 16^{\circ}35'37''$ latitud sur y $38^{\circ}33'37'' - 70^{\circ}02'13''$ longitud oeste, con una superficie de 57,508 Km² que incluye 8,167 Km² correspondiente al espejo de agua del lago, ecosistema acuático en la que habita la rana gigante (*Telmatobius culeus*) considerada de interés regional por ser excepcional y oriunda de la cuenca del lago Titicaca. La reproducción del *Telmatobius culeus* se realizó en ambientes controlados, lográndose reproducir en el Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito, ubicada en la quebrada de Murinlaya, distrito de Chucuito, provincia de Puno, a una altitud de 3931 msnm. (L.S. $15^{\circ} 53' 49''$ y L.O. $69^{\circ} 53' 65''$). Igualmente se logró replicar la reproducción de esta especie en el acuario instalado en el laboratorio de pesquería de la Facultad de Ciencias Biológicas ubicado en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano, a una altitud de 3,835 msnm. (L.S $15^{\circ} 49' 24''$ y L.O: $70^{\circ} 01' 00''$ utilizando agua

procedente de la vertiente Chullunquiáni. Así mismo, la propuesta del plan de conservación para esta especie, se consideró para su construcción, en las instalaciones del Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito como modelo a ser replicado en otros ámbitos.

Figura 1

Ubicación de Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios Chucuito



3.2. Población

Para el presente trabajo de investigación se contó con una población de 82 individuos de rana gigante (*Telmatobius culeus*) procedente de la bahía de Umuchi y Muelle Cariquita de la provincia de Moho; de la zona de Yapura en el distrito de Capachica y Muelle Barco del distrito de Chucuito de la provincia de Puno; estos ejemplares fueron capturados en distintas fechas, antes de ser estabulados en un estanque de adaptación a ambientes controlados, fueron debidamente tallados y pesados, utilizando para la determinación de la talla individual, una regla graduada en milímetros, denominado ictiometro, utilizado en las actividades de acuicultura, pero que también, es útil para la determinación de la talla de anfibios, la metodología utilizada para la medición de la talla, fue de dos tipos, longitud SVL: (Snout to Vent Length) que comprende la medición desde la parte anterior del hocico hasta la última vertebra de la columna, es decir hasta la porción de la abertura cloacal, que se usa para anfibios en estadios juveniles y adultos y longitud total, que comprende desde el hocico hasta el dedo de la extremidad posterior estirada. Sin embargo, en este trabajo se utilizó el método de longitud total, para determinar la talla de los anfibios en estadios de larvas y renacuajos.

3.3. Muestra

La muestra con la que se trabajó fue de 9 parejas de reproductores, determinándose a través del método de muestreo no probabilístico, puesto que no todos los ejemplares capturados (82) estaban maduros sexualmente.

3.4. Método de investigación

La línea de investigación es biología en la especialidad de acuicultura, el tipo de investigación es descriptiva y analítica, donde se realizó una descripción y análisis de los factores abióticos del agua del lago Titicaca por ser su hábitat natural, del recurso recreo del Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito; y del acuario del laboratorio de pesquería de la Facultad de Ciencias Biológicas, zonas en la que se logró la reproducción del *Telmatobius culeus* en forma controlada para proponer un plan de conservación para la recuperación de esta especie endémica del lago Titicaca

3.4.1. Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua para la reproducción de la rana gigante (*Telmatobius culeus*) del lago Titicaca

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos del lago Titicaca, se ejecutó, a bordo del BIC PELT, comprendiendo la

bahía de Puno (Sector Muelle Barco) y bahía de Umuchi en el lago Mayor

El estudio comprendió los registros y análisis de parámetros físicos del agua como: temperatura, utilizando un termómetro con protección de una rejilla de metal con rangos de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. La transparencia del agua, se realizó empleando el disco Secchi, que mide la profundidad a la cual deja de ser visible un disco blanco de 30 cm. de diámetro, todo el procedimiento se realizó utilizando un bote de madera, impulsado por un motor fuera de borda de 25 HP. Los parámetros químicos de Potencial de Hidrogeniones (pH), Oxígeno disuelto, Dureza total y Alcalinidad, se determinaron utilizando el kit de prueba de acuicultura para agua dulce marca la Motte de la Facultad de Ciencias Biológicas, las muestras de agua superficial para su análisis, se colectaron con un balde de plástico, y muestras de agua a 10 metros de profundidad se obtuvo, utilizando la botella Nansen, con la finalidad de hacer una comparación de los resultados, debido a que este anfibio habita la zona bentónica desplazándose sobre el sustrato lacustre, igualmente, para corroborar los resultados, se determinó el tenor de oxígeno disuelto, empleando el método WINKLER modificado por Carrit y Carpenter (1966), la alcalinidad y dureza, por el método HANNA. Así mismo se determinó los parámetros

fisicoquímicos del agua del CIPBS – Chucuito y del laboratorio de pesquería de la Facultad de Ciencias Biológicas.

3.4.2. Para lograr la reproducción de la rana gigante (*Telmatobius culeus*) del lago Titicaca en condiciones controladas del CIPBS Chucuito

Se consideró como prioridad, la captura y recolección de ejemplares de *Telmatobius culeus* en su ambiente natural, considerando como zonas de mayor prevalencia de poblaciones de esta especie, la bahía de Umuchi y Muelle Cariquita en la provincia de Moho, Yapura en el distrito de Capachica y la bahía de Chucuito en la provincia de Puno.

Para la recolección de especímenes, se utilizó un arte de pesca nativo denominado “Sajaña” colocados en el sustrato lacustre, igualmente se empleó un aro metálico de 35 cm de diámetro, provista con red de ¼” de malla y acoplada a un mango de madera de 4 metros de longitud, denominado chinguillo, dispositivo utilizado en actividades de acuicultura, pero que fue de mucha efectividad para la recolección de muestras biológicas, luego fueron trasladados a tierra en envases de plástico conteniendo agua del lago. Es importante indicar que estas capturas se realizaron en días soleados, donde la visibilidad en el agua era óptima.

El transporte se hizo en baldes de plástico de 50 litros de capacidad acondicionado en un vehículo de transporte terrestre y en horas de la mañana para evitar el stress por el incremento de la temperatura del agua durante el transporte. Se contó con un total de 82 ejemplares en las distintas zonas, las que fueron estabulados en un estanque semi natural debidamente preparado en el Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito.

3.4.2.1. Acondicionamiento y adaptación a ambientes controlados.

Para la recepción de ejemplares, previamente se acondiciono un estanque semi natural, con vegetación acuática que permita simular las condiciones del ambiente natural, así mismo, se construyó una batería de acuarios para la adaptación a ambientes controlados y reproducción ex situ. Durante el proceso de adaptación a ambientes controlados, se observó, que esta especie es muy sensible y delicada, muy propensa a un estrés crítico, agravando su estado en algunos individuos, que no logran recuperarse y que finalmente llegaron a morir.

Por otro lado, se observó que al inicio se negaron a recibir alimento, debido al estrés crítico que presentan, como consecuencia del transporte y el manipuleo, sin embargo,

paulatinamente aceptaron el alimento a base de *Eisenia foetida* (lombriz de tierra) siendo necesario la implementación de un ambiente de lombricultura, para la producción de este invertebrado, que permita contar con alimento vivo en forma permanente, lo que favoreció su adaptación.

3.4.2.2. Evaluación del proceso reproductivo del *Telmatobius culeus* en el CIPBS Chucuito.

Teniendo como objetivo fundamental lograr la reproducción de la rana gigante del lago Titicaca, en el Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito, y en el laboratorio de pesquería de la Facultad de Ciencias Biológicas, se realizó un estudio secuencial del proceso reproductivo, siendo estas:

Selección de reproductores: Se seleccionó 9 parejas de reproductores que cumplieron con las características adecuadas para la reproducción como son el estado de maduración sexual, tamaño, longitud, peso; para luego llevar a cabo la investigación requerida, cada pareja de reproductores se estableció en acuarios, 7 parejas en el CIPBS – Chucuito y 2 parejas en el laboratorio de pesquería de la Facultad de Ciencias biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

Abastecimiento de agua: El agua utilizada para los acuarios del CIPBS – Chucuito fue de origen recreo, que se utiliza en la producción de trucha, mientras que, para los acuarios del laboratorio de pesquería, fue agua procedente de la vertiente Chullunquiani, próximo a la infraestructura académica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano.

Preparación de los acuarios para los reproductores: Para el trabajo de investigación se emplearon 9 acuarios, 2 de vidrio en el laboratorio de Pesquería con dimensiones de 60 x 35 x 45 cm y 7 de vidrio y concreto en el CIPBS – Chucuito de dimensiones de 50 x 45 x 30 cm, donde se acondiciono cada uno de ellos y en su interior se colocaron a los reproductores como medio de incitación para que puedan realizar el amplexus y estimular la puesta de ovas.

Reproducción: Se inició con la junta, para ello se estabularon las 9 parejas de reproductores en los 9 acuarios en una proporción de machos a hembras de 1:1, posteriormente se llevó a cabo el apareamiento (amplexus) para que pueda estimular la puesta de ovas y luego ser fecundados. Así mismo, se alimentó a base de *Eisenia foetida* que fue producida en un ambiente de lombricultura que se implementó en el CIPBS – Chucuito.

Cabe destacar que las características diferenciales de machos y hembras de *Telmatobius culeus* fueron la coloración de la piel, la callosidad nupcial que presentan los reproductores machos y la emisión de sonidos leves que emiten los machos y son más audibles en la época de reproducción.

Figura 2

*Determinación de longitud total de **Telmatobius culeus** en estadio de renacuajo y longitud SVL en estadio adulto*



Figura 3 *La investigación, su esencia y arte.*

*Determinación del peso de **Telmatobius culeus** adulto*



Balanza Electrónica

Marca: Soehnle 80.4302.900

N° Serie: 90336 (IHSA – 011)

3.5. Análisis estadístico

Por ser el estudio descriptivo, no se ejecutó ningún diseño estadístico, los resultados que se presentan fueron sujetos a pruebas de estadística descriptiva (media, mediana) y de dispersión (varianza, desviación estándar y error estándar), posteriormente se ejecutó un análisis probabilístico utilizando la distribución de “t”, por ser una muestra menor a 30.



Dónde:

μ = Promedio de ovas

X = número de ovas

Sx= Desviación estándar

n = número de muestreos y su nivel de confianza:

Para realizar el uso de muchas variables, como el caso de datos físicos y químicos se utilizó los análisis *de componentes principales*, que viene a ser un modelo factorial de una serie de correlaciones (métricas), utilizando una selección de factores, que deben estar muy cerca a uno y *clúster* que es un análisis de interdependencias para relación de casos, donde los grupos sean

homogéneos, en nuestro caso las características físicas y químicas del agua por estaciones

4. Resultados y discusión

4.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua para la reproducción de la rana gigante (*Telmatobius culeus*) del lago Titicaca

En el ecosistema acuático del lago Titicaca, las condiciones limnológicas son de gran importancia para el soporte de las comunidades acuáticas. Los parámetros fisicoquímicos del ambiente acuático, han sido objeto de observaciones puntuales por diferentes investigadores, la temperatura, el tenor de oxígeno disuelto y la transparencia, son los parámetros para los cuales se sienten las medidas más numerosas. En el curso de un año se presenta una variabilidad reducida de los diferentes parámetros del medio lacustre, pudiendo considerarse prácticamente estables; sin embargo, las marcadas diferencias morfológicas entre el lago Mayor, lago Menor y bahía de Puno, ocasionan que algunos parámetros puedan alcanzar amplitudes elevadas ya que estas regiones están influenciadas por condiciones locales particulares que las vuelven heterogéneas (Dejoux & Iltis, 1991).

La determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua del ecosistema del lago Titicaca, se realizó a nivel superficial para contrastar los resultados con los obtenidos en el fondo lacustre, ya que esta última, se constituye como su hábitat del *Telmatobius culeus*.

4.1.1. Distribución superficial de los parámetros fisicoquímicos del agua del lago Titicaca.

La determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua se realizó, tomando en consideración, las zonas de captura y recolección de ejemplares de *Telmatobius culeus*, siendo estas la bahía de Umuchi (Moho) considerado como lago Mayor y Sector Muelle Barco (Chucuito- Puno) correspondiente a la bahía de Chucuito. Los parámetros fisicoquímicos considerados fueron: Temperatura del agua, transparencia, potencial de hidrogeniones, oxígeno disuelto del agua, dureza total y alcalinidad:

Se consideraron dos estaciones del año; el mes de abril (otoño) y el mes de octubre (primavera), para comparar las variaciones de los valores de estos parámetros y su influencia sobre las poblaciones de anfibios encontrados.

Tabla 2

Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua del lago Titicaca – Nivel Superficial

Zona de Muestreo Parámetros	Bahía de Chucuito		Lago Mayor	
	Abril 2016	Oct. 2016	Abril 2016	Oct 2016
Temperatura (°C)	13.50	13.80	12.50	13.00
Transparencia (m)	6.30	6.40	9.50	10.30
Potencial de hidrogeniones (pH)	8.70	8.30	8.90	8.50
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.60	6.50	8.50	6.40
Dureza total (mg/L)	330.00	278.00	327.00	335.00
Alcalinidad como CaCO ₃ (mg/L)	126.30	121.00	130.00	131.00

En cuanto se refiere a Temperatura, se encontraron valores promedios de 13.50 y 13.80 °C, en los meses de abril y octubre respectivamente en la bahía de Chucuito, temperaturas promedio de 12.50 °C y 13.00 °C en el lago Mayor, registrándose temperaturas mayores en la bahía de Chucuito, debidas posiblemente a la menor masa o volumen de agua, menor

profundidad y circulación de agua en este sector con relación al lago Mayor (tabla 2).

El calentamiento de las masas de agua ocurre con mayor intensidad en el epilimnion y siendo menor en el hipolimnion, en forma acentuada a 5 metros de profundidad. La temperatura está controlada por la cantidad de energía recibida, ésta a su vez por la latitud y la altitud favorables en las estaciones de primavera y verano, con valores altos de temperatura. Las bajas temperaturas normalmente se registran en periodos de mayor circulación provocados por los vientos a causa de la diferencia de presiones atmosféricas en las estaciones de otoño e invierno.

De acuerdo a Dejoux & Iltis, en el lago Mayor, un calentamiento de las aguas se produce a partir de octubre en la superficie y se propaga progresivamente hacia las aguas más profundas con establecimiento de una termoclina bien marcada a partir del mes de diciembre; luego esta termoclina permanece hasta mayo para desaparecer de junio a setiembre.

Así mismo, Mantilla (2004), indica que la temperatura del agua, es uno de los parámetros físicos que influye determinantemente en las actividades fisiológicas de los organismos acuáticos y particularmente en la respiración, crecimiento y reproducción.

Por otro lado, la transparencia del agua, tuvo una importante variación entre los dos sectores, con valores promedios de 6.30 y 6.40 metros en la bahía de Chucuito y 9.50 y 10.30 metros en el lago Mayor durante las estaciones de otoño y primavera, respectivamente; lo que nos permite definir la primera como recurso hídrico meso eutrófico y el lago Mayor como un ecosistema oligotrófico.

Los registros promedios obtenidos de pH para la bahía de Chucuito fueron 8.70 y 8.30 para la estación de otoño y primavera respectivamente, así como, valores de 8.90 y 8.50 en el lago Mayor para las estaciones de otoño y primavera, lo que nos indica que las aguas del lago Titicaca son ligeramente alcalinas.

La transparencia de un cuerpo de agua es importante porque cuanto más clara y transparente es el agua, mayor será la penetración de la luz, consecuentemente mayor será el desarrollo del fitoplancton y zooplancton que es la fuente de alimento de renacuajos y adultos, asimismo el rango de variación de pH es adecuado en un 6.5 a 7.5 para la crianza de la rana, variaciones mayores pueden causar la muerte (ALT & PNUD, 2002).

El tenor de Oxígeno disuelto del agua en las estaciones de otoño y primavera en la zona de la bahía de Chucuito fue de 6.60 y 6.50 mg/L y en el lago Mayor se registraron valores de 8.50 mg/L y 6.40 mg/L respectivamente.

Pero, Vergara, (2004) indica que la concentración de oxígeno disuelto es un factor que puede llegar a ser peligroso, si se reduce drásticamente, ya que los organismos lo utilizan para respirar. El aspecto evolutivo del *Telmatobius culeus*, hace que la piel se manifieste con abundantes pliegues, especialmente en los muslos y en las partes posteriores del cuerpo, dando al animal un aspecto arrugado muy característico, que aumenta de modo considerable la superficie cutánea, interpretada como mecanismo compensatorio, aumentando la capacidad respiratoria por la piel en aguas con bajo tenor de oxígeno disuelto. Otra adaptación es su alto recuento de glóbulos rojos y el pequeño tamaño de estos que ayudan a que la sangre transporte más oxígeno a los tejidos del cuerpo y elimine el dióxido de carbono de manera más eficiente.

La dureza total, expresada como CaCO_3 registro valores medios en la bahía de Chucuito de 330.00 y 278.00 mg/L en las estaciones de otoño y primavera, igualmente en el lago Mayor se registraron 327.00 y 335.00 mg/L. Si comparamos estos

resultados con los obtenidos por el IMARPE (2015), se aprecia aguas superficiales duras y muy duras.

La alcalinidad, expresada como CaCO_3 registró valores medios de 126.30 mg/L y 121.00 mg/L para las estaciones de otoño y primavera respectivamente en la Bahía de Chucuito y para el lago Mayor valores de 130.00 y 131.00 mg/L.

4.1.2. Análisis fisicoquímico del agua del CIPBS Chucuito, UNA PUNO.

Considerando que el proceso de reproducción del *Telmatobius culeus* se realizó en el Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito, se hizo el análisis de los principales factores abióticos del recurso hídrico, cuyo origen es de tipo recreo, con afloramiento de la napa freático, que se produce en la quebrada Murinlaya, de donde se deriva a las instalaciones del Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito, conocida como CIPBS - Chucuito de la Universidad Nacional del Altiplano; cuyos resultados se indica en la tabla 3.

La temperatura es esencial para el desarrollo de los seres vivos, en especial para los anfibios, puesto que son animales poiquiloterms que tienen la capacidad de regular la temperatura corporal con la de su medio ambiente acuático. En la figura 4, se

puede observar la variación de temperatura en las diferentes estaciones del año como es el verano, otoño, invierno y primavera donde se reporta una temperatura promedio de 13.50, 13.00, 12.00 y 13.00 respectivamente, asimismo se puede observar que existe una variación de ± 0.63 °C y presentando un promedio anual de 12.90 °C, la temperatura más elevada se registró en verano (13.50 °C) y la menor temperatura se registró en otoño (12.00 °C).



La investigación, su esencia y arte.

Tabla 3*Parámetros fisicoquímicos del agua del CIPBS – Chucuito, 2016*

Factores Físico Químicos	Estaciones				Promedio	Desviación estándar
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera		
Temperatura del agua (°C)	13.50	13.00	12.00	13.00	12.90	0.63
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.50	6.50	7.00	6.50	6.60	0.25
Potencial de Hidrogeniones (pH)	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30	0.00
Alcalinidad como CaCo ₃ (mg/L)	70.40	70.40	70.40	70.40	70.40	0.00
Dureza (mg/L)	27.00	27.70	27.40	27.40	27.40	0.29
Cloruro como Cl (mg/L)	8.50	8.90	11.00	8.50	9.20	1.20
Solidos Totales disueltos (mg/L)	45.00	45.00	43.60	43.70	44.30	0.80

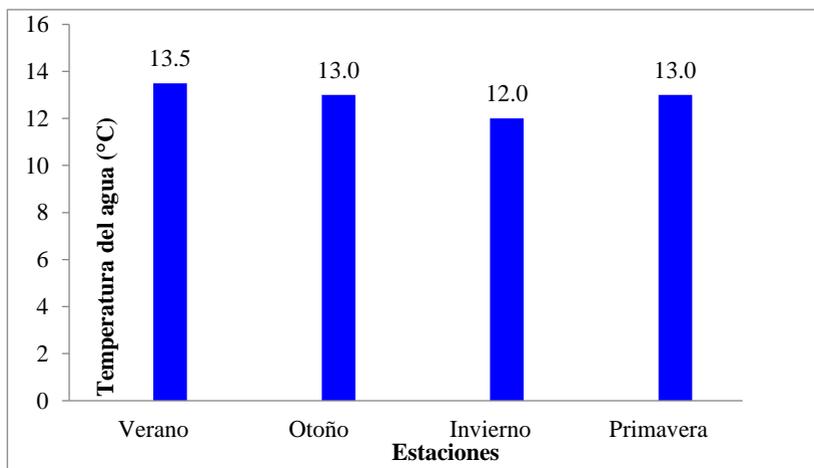
Sin embargo, los registros reportados por IMARPE, (2014), presentan una ligera variación en la bahía de Puno se registró un promedio de 12.50°C, mientras que en el lago mayor se obtuvo un valor de 12.70, estos valores se encuentran dentro del promedio de la temperatura registrado en el CIPBS – Chucuito, lo cual permitió que los reproductores de *Telmatobius culeus*, pudieran adaptarse con facilidad en los acuarios.

La diferencia de amplitud de variación de las temperaturas de superficie se traduce por variaciones horizontales: el lago Menor es más frío en invierno y más cálido en verano (Iltis, 1987). Así mismo se establece, en el lago Mayor, un calentamiento de las aguas se produce a partir de octubre en la superficie y se propaga progresivamente hacia las capas más profundas con establecimiento de una termoclina bien definida a partir de diciembre. (Carmauze *et al.*, 1984).

La investigación, su esencia y arte.

Figura 4

Temperatura del agua del CIPBS – Chucuito en las diferentes estaciones del año, 2016



Estudios realizados por la comisión multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes sobre el estado de la calidad de la cuenca del lago Titicaca, ámbito peruano (2014), indican que los valores de temperatura, medido en 10 puntos de monitoreo, están en un rango de 12.10 a 19.00 °C, no muestran anomalías en su comportamiento.

Igualmente indican, que en el lago Titicaca, a nivel superficial presento una marcada variación de los parámetros evaluados, y

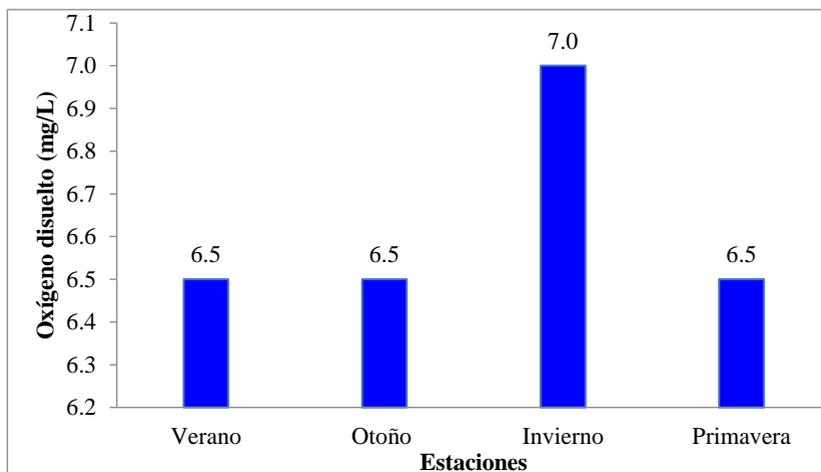
se tuvo una temperatura media de 13.70 °C con rangos fluctuantes entre 12.30 °C (lago Mayor)

Por otro lado, se registró 6,60 mg/L de oxígeno disuelto promedio durante el año 2016, con una variación de ± 0.25 mg/L para las cuatro estaciones, sin embargo, se registró una concentración de 6.50 mg/L durante las estaciones de verano, otoño y primavera, mientras que en invierno se elevó a 7.00 mg/L (Figura 5), tal vez esto se deba a la disminución de temperatura, puesto que ambos parámetros presentan una relación inversa. Sin embargo, el oxígeno disuelto en el lago Titicaca se encuentra entre 6.68 mg/L y 8.13 mg/L en la bahía de Puno, mientras que en el lago mayor se encuentra entre 6.02 mg/L y 8.55 mg/L, estos resultados evidencian que la cantidad de oxígeno del agua del CIPBS – Chucuito es adecuado para la crianza de ranas especialmente *Telmatobius*.

La investigación, su esencia y arte.
Telmatobius culeus tiene una combinación de adaptaciones de comportamiento morfológicos y fisiológicos que permite una vida acuática en aguas frías (10 °C) oxígeno disuelto saturado (100 mm de Hg) a las aguas de gran altitud (3,812msnm). El área de superficie de la piel se incrementa por pliegues pronunciados y los capilares cutáneos penetran a las capas externas de la piel (Hutchinson *et al.*, 1982).

Figura 5

Concentración de oxígeno disuelto del agua del CIPBS – Chucuito en las diferentes estaciones del año, 2016



Por lo tanto, la concentración de oxígeno disuelto es un factor que puede llegar a ser peligroso, si se reduce drásticamente ya que los organismos lo utilizan para respirar (Vergara, 2004).

Sin embargo, el ALT & PUND (2002) precisan que el oxígeno disuelto del agua tiene una relación inversa con la temperatura, es decir cuánto más fría es el agua, mayor es el tenor de oxígeno disuelto.

El exceso de sustancias orgánicas aeróbicas reduce la concentración de oxígeno, cuando el tenor de oxígeno es menor, mayor será el movimiento del renacuajo en busca de oxígeno,

desplazándose con mayor frecuencia desde el fondo hacia la superficie del agua para captar el oxígeno disuelto (BTA PERU, 2002)

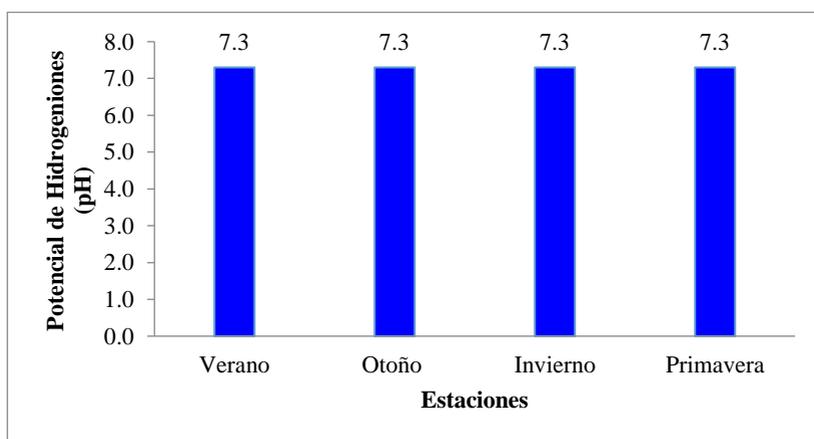
En el trabajo realizado por Pérez, (2005) en Sahuña, el oxígeno disuelto en los estanques oscilo entre 5.02 mg/L disminuyendo en épocas en donde se tuvo un caudal menor de agua de la vertiente, estos valores fueron menores a los encontrados en el CIPBS de Chucuito, que presentaron valores de 6.50 a 7.00 mg/L.

El potencial de hidrogeniones es esencial para el desarrollo de todo ser vivo, las concentraciones nos permitirán conocer el grado de acidez o alcalinidad que presenta un determinado cuerpo de agua, así durante el año 2016 se mantuvo constante donde la concentración se encontró en 7.30, es decir que el agua del CIPBS – Chucuito es ligeramente alcalino con una tendencia a un valor neutro, es decir su concentración de hidrógenos es ligeramente bajo (figura 6), sin embargo, estos valores difieren por los reportados por IMARPE, (2014), donde precisa que el pH del lago Titicaca se encuentra entre 8.79 a 8.93, que son las condiciones donde se encuentra *Telmatobius*, cabe destacar que estas especies tienen la capacidad de adaptarse, razón por la cual soportaron un pH de 7.30.

El rango de variación de pH es adecuado en un 6.5 a 7.5 para la crianza de la rana, variaciones mayores pueden causar la muerte (ALT & PNUD, 2002).

Figura 6

Potencial de Hidrogeniones del agua del CIPBS – Chucuito en las diferentes estaciones del año, 2016

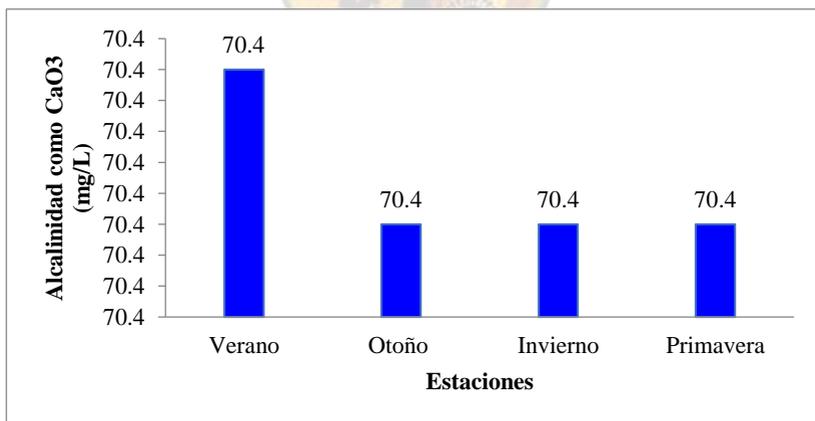


El pH ideal para la crianza de ranas es 7.0 (BTA-PERU, 2002), sin embargo, los valores de pH del hábitat natural de la rana gigante (*Telmatobius culeus*) es de 8.5 a 8.9 coincidiendo con los datos de IMARPE. De la misma forma, el pH del agua del lago fue ligeramente mayor en Huatajata que en Sahuña (Agua de vertiente) presentando un rango de 6.70 – 8.32 frente a 5.81 – 7.72 (Pérez. 2005).

La alcalinidad permite evaluar la concentración de CaCO_3 en mg/L, el gua del CIPBS – Chucuito, presento una alcalinidad también constante tal como el potencial de hidrogeniones, donde presenta valores de 70.4 mg de CaCO_3 /L de agua (Figura 7). Por otro lado, *Telmatobius* tiene como hábitat al lago Titicaca y este cuerpo de agua presenta valores 110 mg/L hasta 126 mg/L de CaCO_3 en la Bahía de Puno y de 111 a 132 mg/L de CaCO_3 en el lago mayor, existe una gran diferencia, sin embargo, *Telmatobius* ha podido adaptarse a este cambio de alcalinidad.

Figura 7

Alcalinidad del agua del CIPBS – Chucuito en las diferentes estaciones del año, 2016

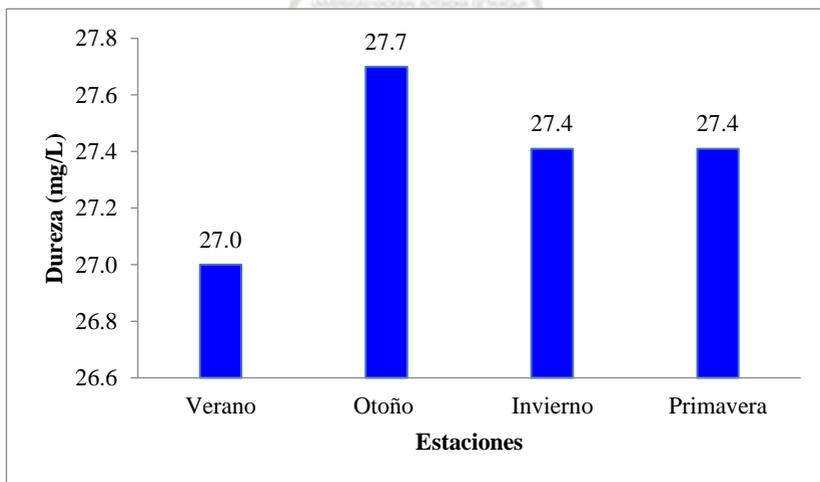


En la figura 8 se puede observar la dureza total, es decir, la concentración de CaCO_3 del agua del CIPBS – Chucuito,

presentando un valor medio de 27.4 mg/L con una variación de ± 0.29 mg/L entre las diferentes estaciones, sin embargo, en verano se presentó una concentración de 27.0 mg/L siendo el registro más bajo del año, mientras que el valor más alto se registró en otoño (27.7 mg/L), pero siendo estos valores adecuados para la crianza de *Telmatobius*.

Figura 8

Dureza del agua del CIPBS – Chucuito en las diferentes estaciones del año, 2016

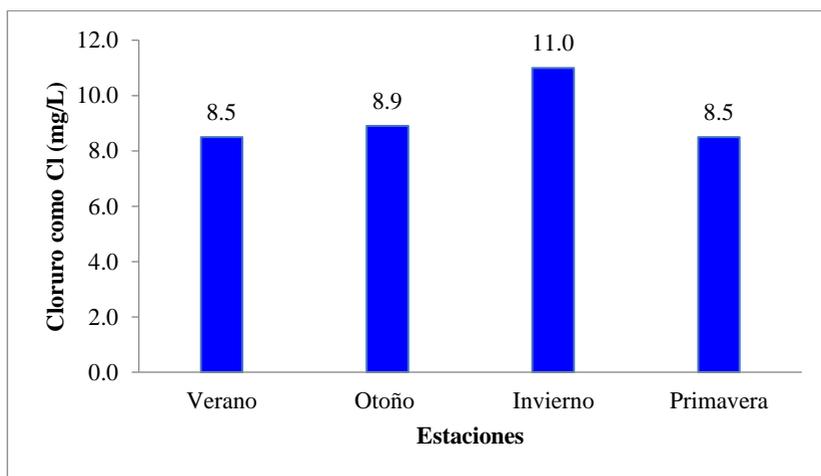


La concentración de cloruros se puede observar en la figura 9, donde se encontró diferencias entre las estaciones de verano (8.5 mg/L), otoño (8.9mg/L), invierno (11 mg/L) y primavera (8.5

mg/L), con un valor medio anual de 9.2 mg/L y una variación entre las estaciones de ± 1.20 mg/L de cloro.

Figura 9

Cloruro como cloro del agua del CIPBS – Chucuito en las diferentes estaciones del año, 2016



Los sólidos totales disueltos encontrados en el agua del CIPBS – Chucuito, se muestran en la figura 10, donde se puede observar que se mantuvo constante entre verano y otoño (45 mg/L), mientras que en invierno se registró 43.6 mg/L variando ligeramente en primavera (43.7 mg/L), presentando un promedio anual de 44.3 mg/L y una variación de ± 0.80 mg/L, estos resultados evidencian que es un cuerpo de agua adecuado para la crianza de ranas, en este caso para *Telmatobius*

Figura 10

Sólidos totales del agua del CIPBS – Chucuito en las diferentes estaciones del año, 2016.

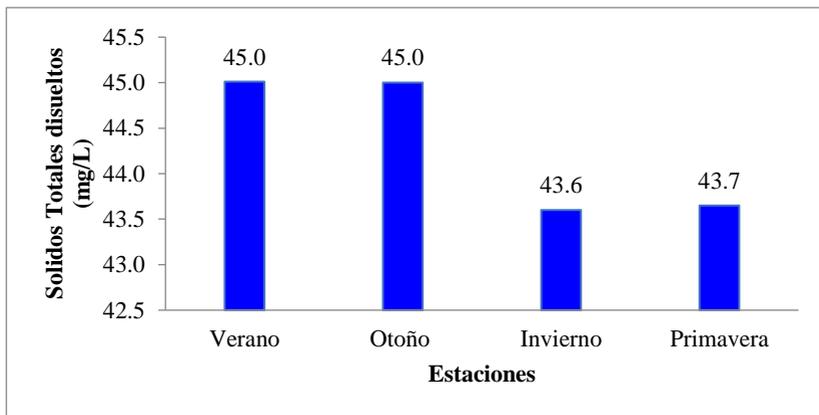
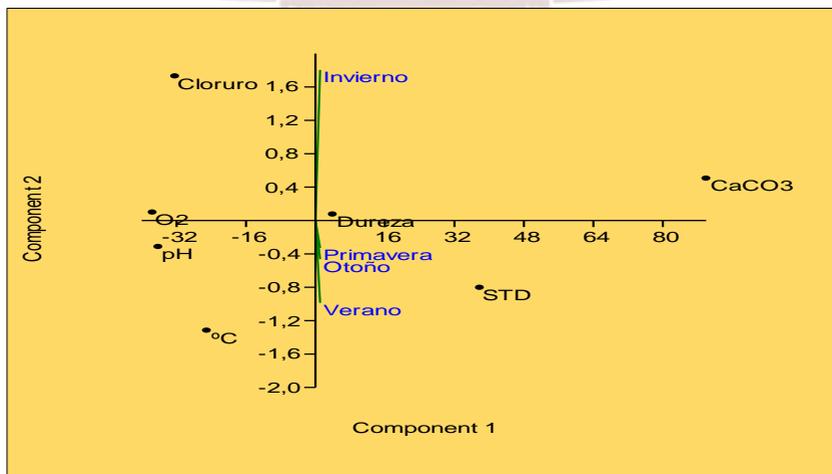


Figura 11

Análisis de Componentes Principales (ACP)



Así mismo, estos datos nos permitieron realizar un análisis de componentes principales (Figura 11) de un determinado cuerpo de agua como es el caso de CIPBS - Chucuito, en la cual podemos indicar que no existe mucha variación en los valores de los componentes entre las 4 estaciones, al contrario estos valores son adecuados para la crianza de *Telmatobius*, porque son seres vivos que tienen la capacidad de adaptarse, puesto que son poiquilotermos y toleran cambios de temperatura ambiental.

Por otro lado en el tabla 4 se puede observar los parámetros fisicoquímicos del agua del CIPBS – Chucuito, donde se determinó la temperatura (13 °C), potencial de hidrogeniones (7.34), cloruros (11.05 mg/L), sulfatos (5.02 mg/L), alcalinidad (70.41 mg/L), dureza total (27.40), y solidos totales disueltos (43.67 mg/L), estos valores evidencia que se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental, es decir están dentro de los valores permisibles, sin embargo no se observa una variación frente a los datos obtenidos en el año 2016, siendo adecuados para la crianza de peces y anfibios.

Es decir, cumplen los Límites Máximos Permisibles (LMP) 002-2015 MINAN modificado tal como se puede evidenciar también en la figura 12 del Análisis de Clúster.

Figura 12

Análisis de Componentes Principales (ACP)

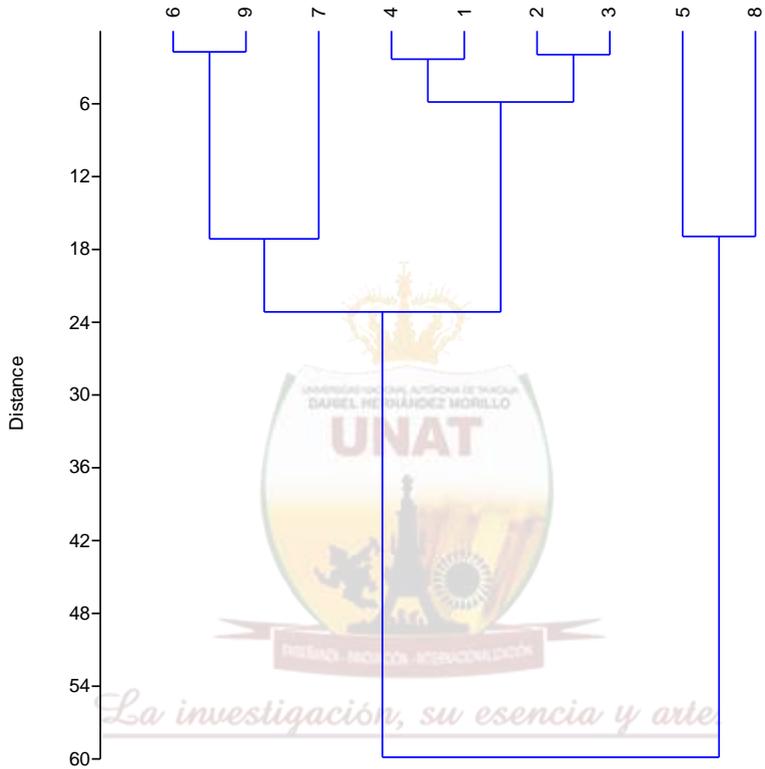
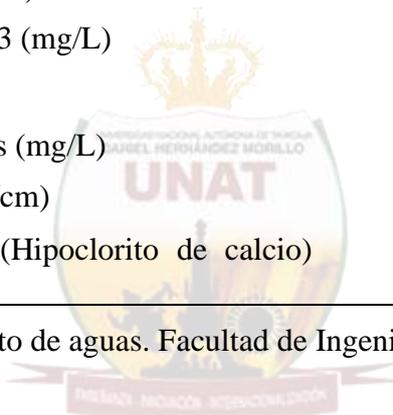


Tabla 4

Parámetros fisicoquímicos del agua del CIPBS Chucuito, 2017

N°	PARÁMETROS FISICOQUIMICOS	CIPBS Chucuito UTM: 8242217 m.s.n.m: 3882
01	Potencial de Hidrogeniones (pH)	7.34
02	Temperatura del agua (°C)	13.00
03	Cloruros como Cl ⁻ (mg/L)	11.05
04	Sulfatos como SO ₄ (mg/L)	5.02
05	Alcalinidad como CaCO ₃ (mg/L)	70.41
06	Dureza Total (mg/L)	27.40
07	Solidos Totales Disueltos (mg/L)	43.67
08	Conductividad (Micro S/cm)	87.34
09	Dosificación requerida (Hipoclorito de calcio) Ca(CLO) ₂ (g/m ³)	25.68

Fuente: Laboratorio de Tratamiento de aguas. Facultad de Ingeniería Química UNA PUNO.



La investigación, su esencia y arte.

Tabla 5

Parámetros fisicoquímicos del agua del laboratorio de pesquería, 2017

Nº	PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA – LABORATORIO DE PESQUERIA (Manantial Chullunquiari)	VALORES
01	Potencial de Hidrogeniones	7.18
02	Dureza Total como CaCO ₃	440.12 mg/L
03	Alcalinidad como CaCO ₃	510.45 mg/L
04	Cloruros como Cl ⁻	137.70 mg/L
05	Sulfatos como SO ₄ ⁼	95.14 mg/L
06	Nitratos como NO ₃ ⁻	NEGATIVO
07	Calcio como Ca ⁺⁺	98.68 mg/L
08	Magnesio como Mg ⁺⁺	52.13 mg/L
09	Sólidos totales	485.00 mg/L
10	Turbidez	8 NTU

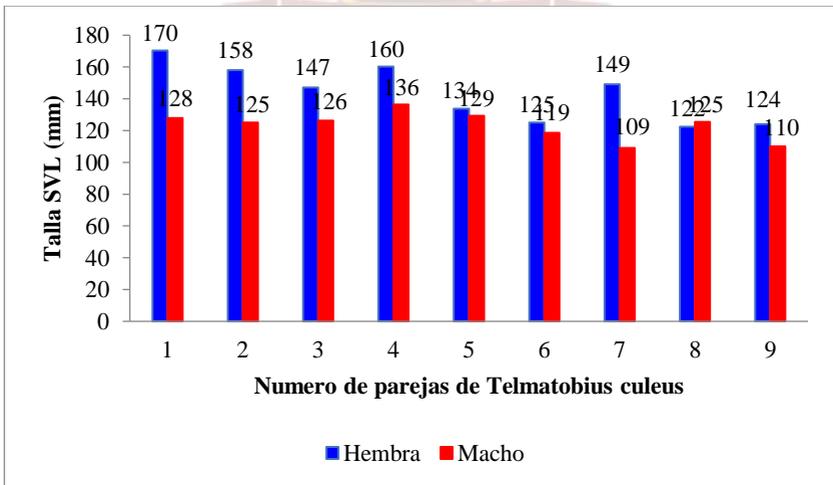
Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química UNA.

4.2. Reproducción de la rana gigante (*Telmatobius culeus*) del lago Titicaca en condiciones controladas del CIPBS – Chucuito

La reproducción artificial de *Telmatobius culeus* en el Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito, se realizó en condiciones controladas, para lo cual se estabularon los reproductores en 9 acuarios, 7 en el CIPBS - Chucuito y 2 en el laboratorio de pesquería de la Facultad de Ciencias Biológicas, para ello se realizó un análisis de la talla y peso el cual se observa en la figura 13.

Figura 13

*Talla SVL de los reproductores de **Telmatobius culeus** para la investigación*



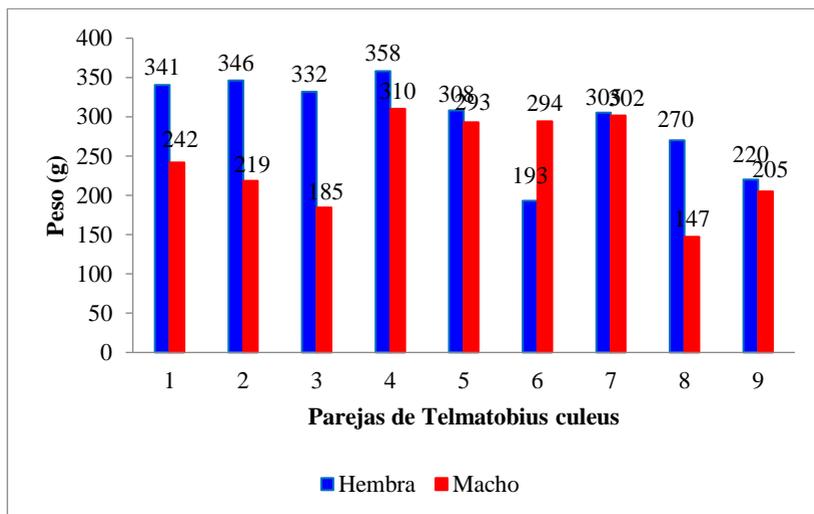
La figura nos muestra la talla de los reproductores SVL (Snout to Vent Length) que comprende desde la parte anterior del hocico hasta la última vertebra de la columna (ano – cloaca), donde se puede observar que los machos presentan tallas entre 109 a 136 mm de longitud, con una media de 123 mm y una variación de ± 8 mm, sin embargo, las hembras presentan tallas de 122 a 170 mm, con una media de 143 mm y una variación de ± 17 mm, estos resultados nos evidencian que las hembras presentan tallas superiores a los machos.

Los individuos del género *Telmatobius*, debido a una vida estrictamente acuática, son comprimidos dorso-ventralmente, con muchos pliegues o “baggines”. El tipo extremo se encuentra en las especies *Telmatobius culeus* y más todavía *Batrachophrynus macrostomus* (CIRNMA, 2001). Igualmente, Baes, Romero & Ferri (2013) indican que la rana gigante mide 50 cm. de longitud, su hábitat son las profundidades del lago que esta entre 11 a 17 °C. Lannacone, (2003), determinó el sexo de *Telmatobius jelskii*, examinando la cavidad corporal y específicamente las gónadas y la longitud del hocico a la cloaca (cm). Los machos mostraron una longitud de 5,2 cm de longitud promedio (rango= 4.0 – 6.4 cm) y las hembras una longitud promedio de 5,5 cm (rango = 3,9 – 7,6 cm) no encontrándose diferencia entre sexos. En el presente estudio también se ha

determinado que las hembras presentan mayor tamaño que los machos.

Figura 14

*Peso de los reproductores de **Telmatobius culeus** para la investigación*



La investigación, su esencia y arte.

Por otro lado, podemos observar el peso en gramos de los reproductores (figura 14), donde se observa que los machos presentan peso desde 147 hasta 310 g cuyo promedio es de 245 g, sin embargo estos valores son diferentes frente a los registrados para el caso de las hembras puesto que estas se encontraron con un peso que oscilaba desde 193 a 358 g y un promedio de 297 g, estos valores nos evidencian que las hembras

siempre presentaron un mayor peso que los machos, puesto que tienen una capacidad de desarrollar de mejor manera.

En *Telmatobius jelskii* los machos mostraron un peso de 12.4 g de peso promedio (rango = 8,5 – 18,1 g) y las hembras un promedio de 13.9 g (rango = 9,8 – 18,1 g), no encontrándose diferencias entre ambos sexos.

Así mismo, la mayoría de los anuros son maduros sexualmente a partir de los 2 años, pero se sabe que se reproducen con bastante éxito a los 6 y 7 años. Sin embargo, la rana gigante del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*) se reproduce a los 2 años y 8 a 9 meses (Pérez, 1998) iniciando la puesta de ovas a partir de la estimulación conocida como amplexus. Sin embargo, la rana toro alcanza su madurez sexual a los 3 años, pero se reproducen con bastante éxito a los 6 a 7 años y la rana chilena se reproduce entre los 3 a 4 años (Kimball, 1982). Así mismo Ramos (2000) precisa que la época de reproducción de las ranas es en primavera, donde el ovario se encuentra repleto de ovas maduras.

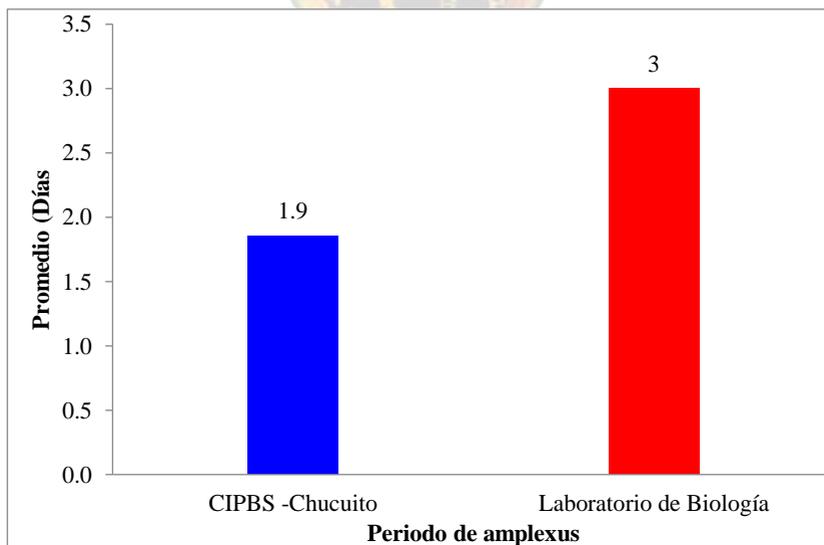
Los resultados del trabajo de investigación nos demuestran que la rana gigante (*Telmatobius culeus*) del lago Titicaca, alcanza su madurez sexual a los 3 años.

4.2.1. Periodo de amplexus

El amplexus es un proceso inicial de la reproducción, en *Telmatobius culeus* el tipo de amplexus observado es axial, en la cual el macho abraza a la hembra dorsalmente colocando sus brazos alrededor de ella, a la altura de las axilas, así mismo se observa contracciones musculares del brazo del macho y contracciones abdominales de las hembras; estas contracciones ayudan a que los óvulos bajen del oviducto y se produzca el desove (Duellman, 1985)

Figura 15

Periodo de amplexus de Telmatobius culeus en condiciones controladas



El periodo de duración de amplexus en los acuarios del CIPBS – Chucuito fue de 1.9 días, con una variación de 1 a 3 días, mientras que, en el laboratorio de Pesquería de la Facultad de Ciencias Biológicas, tuvo una duración de 3 días. Cabe señalar que no se encontró diferencias significativas con un 95% de confianza de que los tiempos medios de duración en el periodo de amplexus (Figura 15), puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir a un nivel de significación de 0.05 la t_c fue de - 0.03 y la t_{tab} fue de 1.89, por consiguiente, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tiempos medios del periodo de amplexus.

Por otro lado, se registraron amplexus en meses invernales en Sahuña, coincidiendo con la puesta en medio natural (Pérez, 1999). Así mismo, Pérez (1998) indica que el amplexus en condiciones naturales dura 48 horas. Sin embargo, Ramos (2000) precisa que el amplexus en *Telmatobius culeus* dura de 2 a 3 días, desovando en varias oportunidades y lugares sobre sustratos que pueden ser plantas acuáticas o piedras. Los cuales se aproximan a los resultados obtenidos

4.2.2 Periodo de **desove**

El desove en *Telmatobius culeus*, se produce después del amplexus, expulsando al exterior grupos de huevos, entre 20 a

50 ovas, simultáneamente el macho expulsa el semen el cual contienen los espermatozoides para el proceso de fecundación. Sin embargo, Pérez (1998) señala que *Telmatobius culeus* presenta un ciclo espermático y ovogenico anual continuo, por lo tanto, podemos deducir que la rana gigante del lago Titicaca, presenta un ovario sincrónico por grupo.

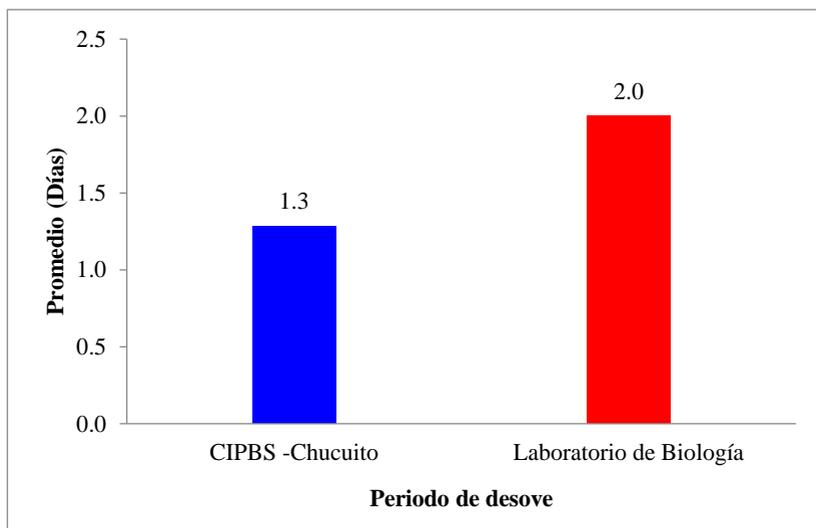
La rana grande de Chile *Caudiverbera caudiverbera* se reproduce en la época de primavera y verano (setiembre y febrero), migran a zonas de mayor profundidad y con mayor contenido de plantas acuáticas para facilitar el amplexus (BTA-PERU, 2002).

Una hembra de *Caudiverbera caudiverbera*, puede desovar entre 1500 a 10,000 ovas, dependiendo de la edad y desarrollo de la rana (BTA-PERU, 2002)

Una hembra de rana gigante del lago Titicaca, mantenida en un acuario en Huatajata puso 5 huevos el quinto día, que se desarrollaron hasta la etapa de neurula. Otra pareja permaneció en amplexus durante 48 horas y la hembra llego a desovar 113 huevos (19 el primer día, 51 el segundo y 43 el tercer día). Los huevos que fueron aislados en otro acuario no lograron iniciar su desarrollo embrionario (Pérez, 2005).

Figura 16

*Periodo de desove de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



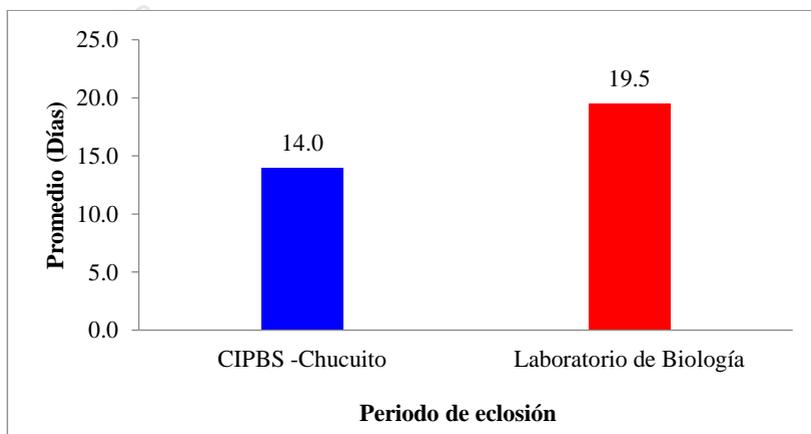
En la figura 16 podemos observar que el periodo promedio de desove fue de 1.3 días en el CIPBS – Chucuito, con un rango de variación de 1 a 2 días, lo cual difiere con los resultados obtenidos en el laboratorio de Pesquería que tuvo una duración de 2 días. Estos resultados nos evidencian que no existe una diferencia significativa en el periodo de desove puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c fue de - 0.58 y la t_{tab} fue de 1.89, por consiguiente, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tiempos medios del periodo de desove.

4.2.3. Periodo de eclosión

Concluido el desarrollo embrionario de las ovas, se produce la eclosión de las ovas, dando origen a las larvas, donde el periodo de eclosión promedio en el CIPBS – Chucuito fue de 14 ± 1.3 días, con un rango de 12 a 15 días, sin embargo, el periodo de eclosión en el laboratorio de pesquería fue de 19 a 20 días con un promedio de 19.5 ± 0.7 días, no habiendo una diferencia significativa en este periodo (Figura 17) puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c fue de -0.44 y la t_{tab} fue de 1.89 , por consiguiente se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tiempos medios del periodo de eclosión.

Figura 17

*Periodo de eclosión de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



Sin embargo, Pérez (2005) precisa que el desarrollo de huevo a renacuajo de *Telmatobius culeus* en cautiverio ocurre a los 7 días a 22 °C. Mientras que la eclosión de *Caudiverbera caudiverbera* se produce desde los 4 días a 3 semanas, pero la eclosión de la rana de Junín se lleva a cabo de 14 a 20 días, en un 70 % a los 14 días, el porcentaje de larvas nacidas vivas es el 90 %, donde los 15 primeros días se alimenta de su saco vitelino (ALT & PNUD, 2002). Por otra parte, Ramos (2000) precisó que las larvas de *Telmatobius culeus* reabsorbieron su saco vitelino entre los 6 a 7 días.

Donde los resultados obtenidos se asemejan más a los de la rana de Junín, sin embargo, difiere enormemente con los obtenidos por Pérez, tal vez esto se deba a que la reproducción se llevó en condiciones controladas.

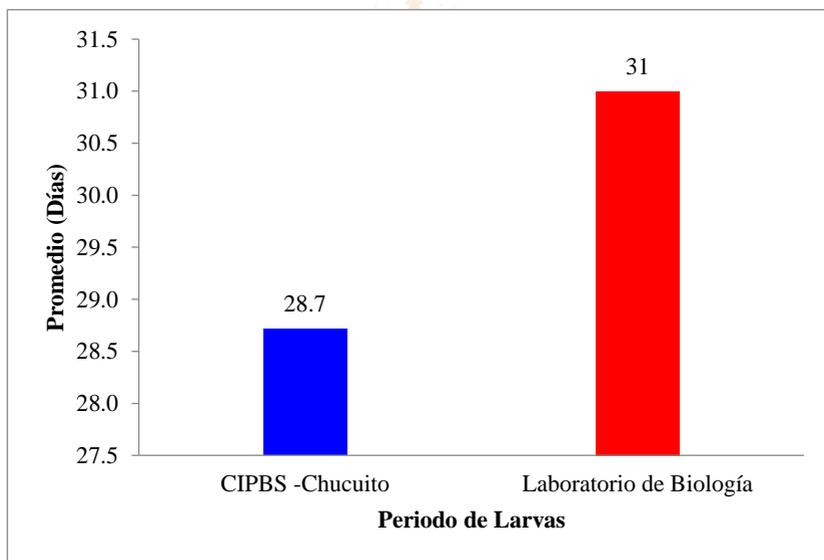
4.2.4. Periodo de larva

El periodo de larva tiene una duración de 28.7 ± 1.7 días en el CIPBS – Chucuito, presentando un rango entre 26 a 30 días, pero en el laboratorio de pesquería el periodo promedio de larva fue mayor al del CIPBS – Chucuito y presentó un promedio de 31 ± 1.4 días, con un rango de 30 a 32 días, donde las larvas presentan un saco vitelino que le sirve como medio de alimentación (Figura 18), así mismo, se puede observar que estadísticamente

no existe diferencia significativa puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c fue de - 0.10 y la t_{tab} fue de 1.89, por consiguiente se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tiempos medios del periodo de larva.

Figura 18

*Periodo de larva de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



Las larvas se adaptan más rápidamente a las condiciones de cautividad y aceptan como alimentos copépodos, cladóceros larvas de insectos y lombrices pequeños (Pérez, 2005).

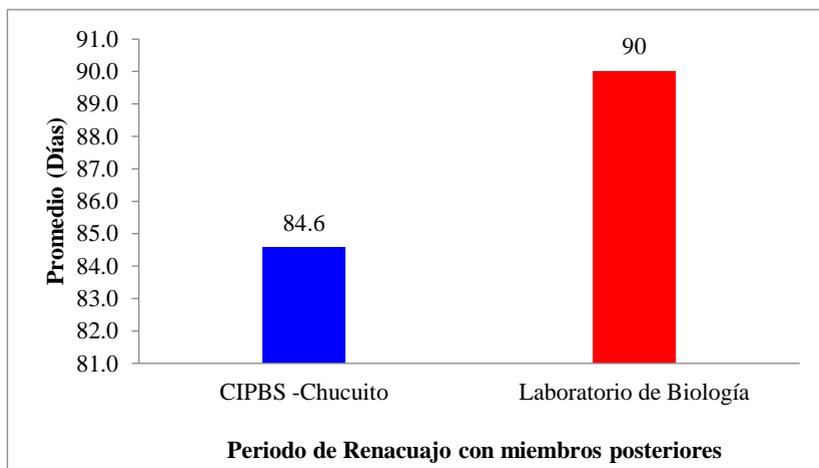
Sin embargo, las larvas de la rana de Junín en sus 15 primeros días se alimentan de su saco vitelino (ALT & PNUD, 2002). Pero Ramos (2000) precisó que las larvas de *Telmatobius culeus* reabsorbieron su saco vitelino entre los 6 a 7 días.

4.2.5. Periodo de renacuajo con miembros posteriores

El periodo de aparición de las extremidades o miembros posteriores después del periodo de eclosión fue de 80 a 90 días, con un promedio de 84.6 ± 4.6 días en el CIPBS – Chucuito, mientras que en el laboratorio de pesquería fue de 90 días, existiendo una diferencia de 5.4 días, en este periodo se puede observar los miembros posteriores como dos pequeños apéndices en la parte posterior del cuerpo; sin embargo, estos resultados evidencian que no existe diferencia significativa al 95 % de un nivel de confianza entre los renacuajos del CIPBS – Chucuito y el laboratorio de Pesquería (Figura 19) puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c fue de - 0.08 y la t_{tab} fue de 1.89, por consiguiente se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tiempos medios del periodo de renacuajo con miembros posteriores.

Figura 19

*Periodo de renacuajo con miembros posteriores de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



Sin embargo, en la rana de Junín la fase de renacuajo I, se forma las extremidades posteriores a partir de los 12 a 15 meses (ALT & PNUD, 2002). Pero *Telmatobius culeus* a los 100 días desarrolla las patas posteriores (Ramos, 2000).

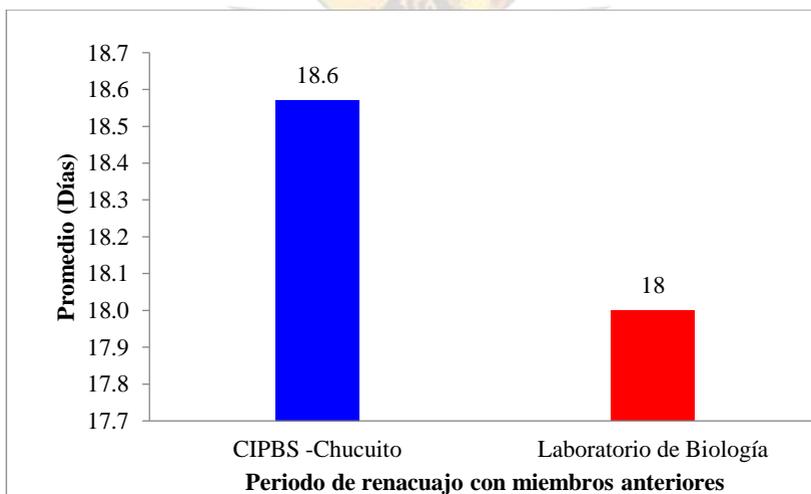
4.2.6. Periodo de renacuajo con miembros anteriores

Cuando las extremidades posteriores llegan a externalizarse por completo, inicia el proceso de la aparición de las extremidades anteriores, este periodo tiene una duración entre 15 a 25 días con un promedio de $18.6 \pm$ días en los renacuajos del CIPBS – Chucuito, mientras que los desarrollados en el laboratorio de

Pesquería tuvieron una duración de 18 días, esto significa que no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95 % del periodo de renacuajo con miembros anteriores entre los que se desarrollaron en el CPBS – Chucuito y los del laboratorio de Pesquería (Figura 20) puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c fue de - 0.58, por consiguiente se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tiempos medios del periodo de renacuajo con miembros anteriores. Es decir, en *Telmatobius culeus*, se considera esta etapa a partir de los seis meses en la cual las extremidades anteriores se externalizan.

Figura 20

*Periodo de renacuajo con miembros anteriores de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



4.2.7. Periodo de reabsorción del apéndice caudal

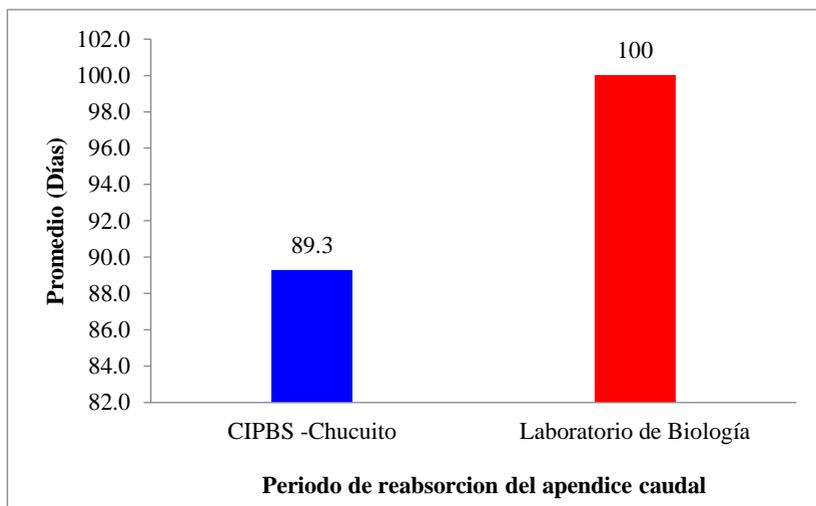
La reabsorción del apéndice caudal en la rana, tienen una duración aproximadamente de 2.5 a 3.5 meses con un promedio de 3 meses (90 días), es decir que a los 9 meses se realiza la absorción del apéndice caudal e inicia la etapa juvenil de la rana (Kimball, 1982).

Estos resultados coinciden con los datos obtenidos en nuestro trabajo puesto que la absorción del apéndice caudal fue de 80 a 105 días, con un promedio de 98.3 ± 10.2 días, en los renacuajos desarrollados en el CIPBS – Chucuito, mientras que los que se desarrollaron en el laboratorio de pesquería tuvo un promedio de 100 días.

Estos resultados evidencian que no existe una diferencia significativa entre los renacuajos que reabsorbieron su apéndice caudal desarrollados en el CIPBS – Chucuito y los del laboratorio de pesquería a un nivel de confianza del 95% (Figura 21) puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c fue de - 0.16 y la t_{tab} fue de 1.89, por consiguiente, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tiempos medios del periodo de reabsorción del apéndice caudal.

Figura 21

*Periodo de reabsorción del apéndice caudal de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



4.2.8. Ciclo total de desarrollo

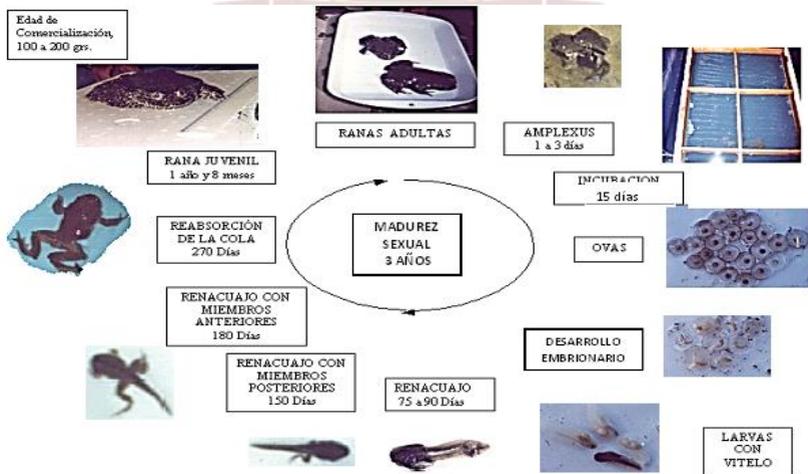
El ciclo total de desarrollo de *Telmatobius culeus* en promedio fue de 250.9 días, no encontrando estadísticamente diferencia significativa entre los tiempos medios para *Telmatobius culeus*, cada etapa de desarrollo tuvo una variación desde el proceso de amplexus que tienen una duración de 1 a 3 días, el periodo de incubación es de 15 días, luego pasa a ser renacuajo entre los 75 a 90 días, posteriormente a los 150 días inicia la aparición de los miembros posteriores, a los 180 días aparecen los miembros

anteriores y a los 270 días se lleva a cabo la reabsorción del apéndice caudal, pasando a ser ranas juveniles de 1 año y ocho meses, llegando de esa manera a la primera madurez sexual a los 3 años de vida tal como se puede observar en la figura 22.

Asimismo, se observó que el ciclo total de desarrollo fue mayor en el laboratorio de Pesquería con 263.5 días en promedio. Mientras que en el CIPBS – Chucuito fue de 238.3 días. Cabe destacar que uno de los factores determinantes del ciclo total de desarrollo de todo ser vivo es la temperatura que tiene una relación directa con el metabolismo de cada ser vivo.

Figura 22

*Ciclo de desarrollo **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



Por otro lado, iniciando la reabsorción del apéndice caudal, se va dando lugar a la rana juvenil de Junín y a partir de los 2 años van desarrollando el dimorfismo sexual, la selección se realiza a partir de los 30 meses edad en la que se encuentra sexualmente maduro, pero *Caudiverbera caudiverbera* llega a ser adulto entre los 22 a 25 meses (PNUD & ALT, 2002).

4.2.9. Metamorfosis de *Telmatobius culeus*

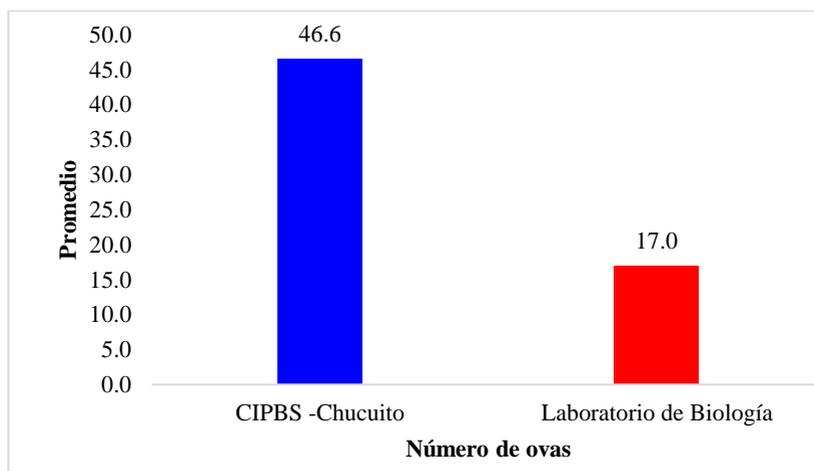
4.2.9.1. Capacidad de desove

El desove de *Telmatobius culeus*, es un proceso que se lleva a cabo después del amplexus, donde permite la expulsión de las ovas y el macho expulsa el semen para que pueda fecundar las ovas, la capacidad promedio de desove por hembra fue de 46.6 ovas, con un rango de 20 a 113 ovas en los reproductores estabulados en el CIPBS – Chucuito, mientras que los reproductores del laboratorio solo expulsaron de 10 a 24 ovas con un promedio de 17 ovas por hembra, este proceso tuvo una duración entre 1 a 3 días, esta variación probablemente se debe a la edad de las hembras o a las condiciones de cautiverio a que fueron sometidos (figura 23). Estos resultados nos muestran que no existe diferencia significativa a un 95% de nivel de confianza, puesto que $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c fue de - 0.75 y la t_{tab} fue de 1.89, por consiguiente, se puede afirmar que no existen

diferencias significativas entre los tiempos medios de la capacidad de desove.

Figura 23

*Número de ovas expulsadas por las hembras de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



Por otro lado, *Telmatobius culeus* presenta un ciclo espermático y ovogénico anual continuo, donde la hembra puede llegar a colocar 113 ovas en condiciones de cautiverio y en condiciones naturales hasta 500 ovas (Pérez, 1998). Sin embargo, Cuentas (1996), precisa que esta especie puede colocar en condiciones naturales hasta 1,800 ovas, es decir que durante el día pueden desovar de 10 a 20 ovas en cada postura. Pero ALT & PNUD (2002), precisan que la hembra de la rana grande de Chile

Caudiverbera caudiverbera, puede desovar entre 1,500 a 10,000 ovas, dependiendo de la edad y desarrollo de la rana, mientras que la rana de Junín llega a desovar desde 500 a 2,500 ovas. En tanto que Pérez (1998) precisa que la variación del número de ovas es probablemente a causa de la madurez sexual y época del año.

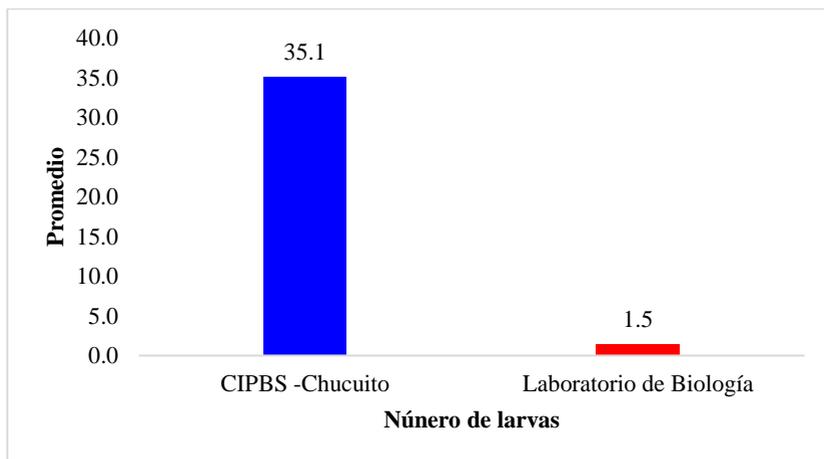
4.2.9.1. Larvas

Las larvas emergen después de la eclosión de las ovas que dura aproximadamente entre 12 a 15 días, provistos de un saco vitelino, lográndose obtener un total de 246 larvas con un rango de 14 a 81 larvas por cada acuario, es decir no todas las ovas llegaron a eclosionar en el caso del CIPBS – Chucuito, mientras que en el laboratorio de pesquería solo se obtuvo 3 larvas, esto tal vez se debe a que los huevos no fueron incubados adecuadamente y la temperatura no fue la óptima para su desarrollo. Es decir, se obtuvo un promedio de 35 ± 21 larvas por cada acuario en el CIPBS - Chucuito, mientras que, en el laboratorio de pesquería, se obtuvo un promedio de 1.5 larvas. Estos resultados evidencian que hubo una diferencia significativa al 95% de un nivel de confianza, puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c fue de 1.18 y la t_{tab} fue de 1.89, por

consiguiente, se puede afirmar que no existe diferencias significativas entre el número de larvas (Figura 24).

Figura 24

*Número de larvas de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



Por otro, lado las larvas después de la eclosión presentaban un saco vitelino, filamentos transparentes correspondientes a las branquias externas, su longitud promedio fue de 10.5 mm, asimismo presentaban una coloración blanco humo, también era posible observar las manchas oculares.

4.2.9.3. Renacuajo con miembros posteriores

La metamorfosis de los anfibios, se inicia realmente con la aparición de los miembros posteriores, así mismo antes de esta

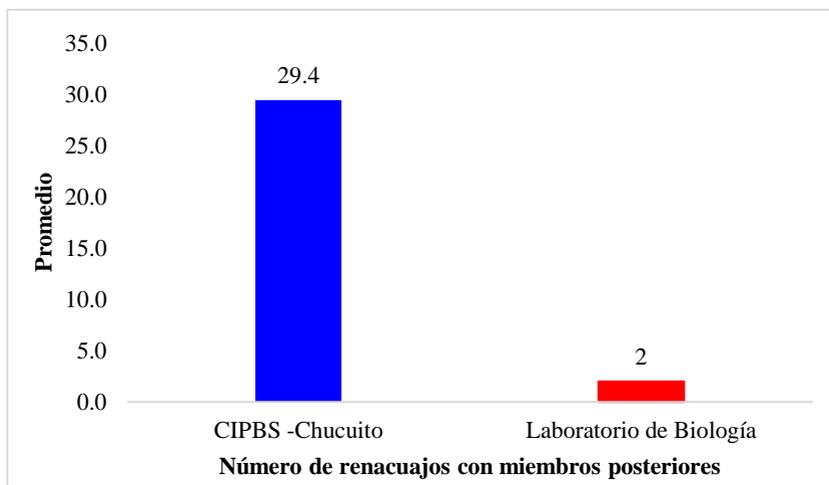
etapa se considera etapa larval y posterior a ella y desarrollo de los miembros posteriores se les denomina renacuajos (Cuentas, 1996).

Por otro lado, las larvas que llegaron a ser renacuajos y desarrollaron los miembros posteriores fueron 206 en el CIPBS – Chucuito, es decir de 13 a 71 con un promedio de 29.4 ± 19.3 renacuajos con miembros posteriores por acuario, este periodo tuvo una duración de 80 a 90 días, mientras que en el laboratorio de Pesquería, solo se tuvo 2 renacuajos y duro 90 días la aparición de los miembros posteriores, por lo tanto se azume que no hubo una diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% (Figura 25), puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c fue de 1.13 y la t_{tab} fue de 1.89, por consiguiente se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre el número de renacuajos con miembros posteriores.

En esta fase las extremidades posteriores de *Telmatobius culeus* emergen en su totalidad, pero aún no están formadas, esta etapa tiene una duración de 120 días, donde llega a desarrollarse por completo las extremidades posteriores, acercándose al clímax de la metamorfosis. Para *Telmatobius culeus* se considera esta fase desde los 5 meses de nacido hasta los 6 meses es decir desde los 150 a 180 días.

Figura 25

*Número de renacuajos con extremidades posteriores de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



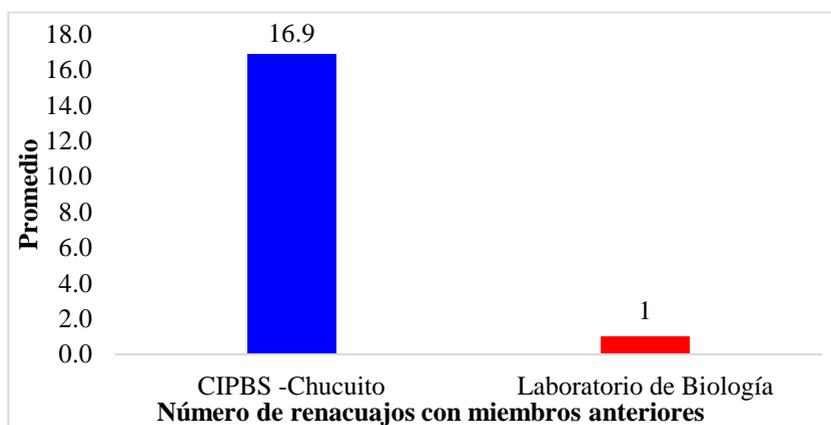
4.2.9.4. Renacuajo con miembros anteriores

Cuando inicia la aparición de los miembros anteriores en los renacuajos, se está llegando al clímax de la metamorfosis. Donde se puede observar que se tuvo 118 renacuajos con extremidades anteriores en el CIPBS- Chucuito, con un promedio de 16.9 ± 11.8 por acuario, mientras que en el laboratorio se obtuvo 1 renacuajo con extremidades anteriores, esta fase tuvo una duración de 15 a 25 días (figura 26). Estos resultados evidencian que estadísticamente no existe una diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%, puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_c

fue de 1.12 y la t_{tab} fue de 1.89, por consiguiente, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre el número de renacuajos con miembros anteriores.

Figura 26

*Número de renacuajos con extremidades anteriores de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*



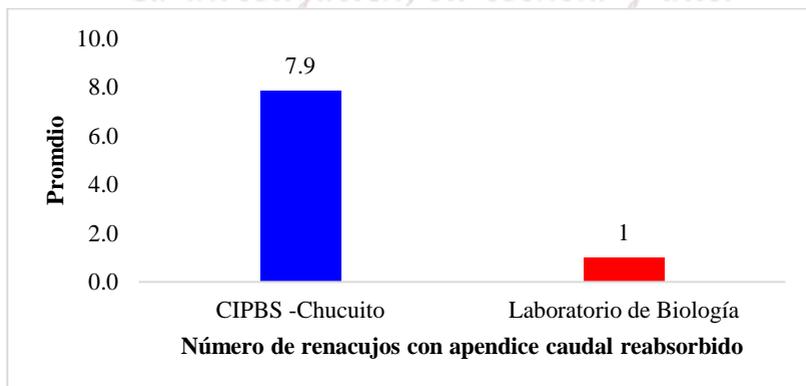
4.2.9.5. Renacuajo con apéndice caudal reabsorbido

La muerte celular es una etapa necesaria en el ciclo vital de algunos organismos. A medida que un renacuajo se convierte en una rana, su apéndice caudal es reabsorbido gradualmente, porque las células de su cola son ricas en lisosomas y los productos de su desintegración son utilizados en el crecimiento de nuevas células de la rana en proceso de desarrollo (Kimball, 1982).

La reabsorción del apéndice caudal se lleva a cabo cuando se llega al clímax de la metamorfosis, que tuvo una duración de 80 a 105 días, de las cuales solo 56 individuos de renacuajos llegaron a la reabsorción del apéndice caudal, puesto que al estar en cautiverio se generó mortandad en cada una de las fases. Es decir, un promedio de 7.9 individuos por acuario en el CIPBS – Chucuito, y un individuo en el laboratorio de Pesquería, no presentando diferencia significativa, puesto que la $t_c < t_{0.05}$, es decir la t_{tab} fue de 1.09, por consiguiente, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre el número de larvas, es decir que en ambos casos se obtuvo ranas juveniles después de la reabsorción del apéndice caudal.

Figura 27

*Número de renacuajos con apéndice caudal reabsorbido de **Telmatobius culeus** en condiciones controladas*

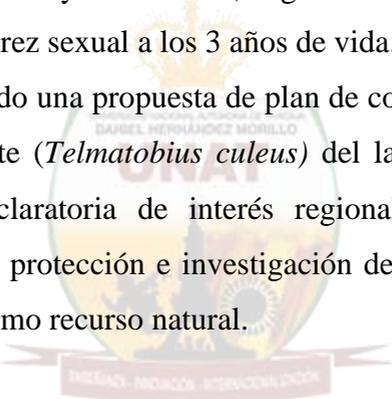


CONCLUSIONES

1. Los factores abióticos de las aguas del lago Titicaca, mostraron estabilidad alta en temperatura, pH y dureza total; El oxígeno disuelto mostro concentraciones ideales para el desarrollo de la vida acuática, así mismo, los parámetros fisicoquímicos del agua del CIPBS – Chucuito, en la que se determinó la temperatura pH, cloruros, sulfatos, alcalinidad, dureza total y solidos totales disueltos, se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental, siendo adecuados para la crianza de peces y anfibios, es decir, cumplen los Límites Máximos Permisibles (LMP). Así mismo, la infraestructura a implementarse es factible, por la disponibilidad de áreas para la construcción y mantenimiento de la infraestructura y el manejo de especímenes en sus distintos estadios de desarrollo.
2. Se ha logrado la reproducción de la rana gigante (*Telmatobius culeus*) del lago Titicaca, en acuarios del Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito y en acuarios del laboratorio de pesquería de la Facultad de Ciencias Biológicas, observándose que el ciclo total de desarrollo fue mayor en el laboratorio de pesquería con un promedio de 263.5 días, mientras que en el CIPBS Chucuito fue de 238.3 días, durante el proceso reproductivo

tuvo una variación en cada etapa de desarrollo, desde el proceso de amplexus que tienen una duración de 1 a 3 días, el periodo de incubación es de 15 días, luego pasa a ser renacuajo entre los 75 a 90 días, posteriormente a los 150 días inicia la aparición de los miembros posteriores, a los 180 días aparecen los miembros anteriores y a los 270 días se lleva a cabo la reabsorción del apéndice caudal, pasando a ser ranas juveniles de 1 año y ocho meses, llegando de esa manera a la primera madurez sexual a los 3 años de vida.

3. Se ha elaborado una propuesta de plan de conservación para la rana gigante (*Telmatobius culeus*) del lago Titicaca, así como, la declaratoria de interés regional con fines de conservación, protección e investigación de la especie y su ecosistema como recurso natural.



La investigación, su esencia y arte.

RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar una permanente evaluación de los parámetros fisicoquímico del agua del ecosistema acuático del lago Titicaca y del Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios de Chucuito, para determinar la influencia de los factores abióticos y su efecto en el proceso de reproducción de la rana gigante (*Telmatobius culeus*) del lago Titicaca
2. Continuar con trabajos de investigación sobre la reproducción de la rana gigante del lago Titicaca, tanto en ambientes controlados como en su medio natural, lo que permitirá establecer protocolos del ciclo total de desarrollo de la rana gigante del lago Titicaca.
3. Propiciar la continuidad de las actividades de la Comisión interinstitucional para la consecución de la elaboración final del plan de conservación de la rana gigante *Telmatobius culeus*, del lago Titicaca, cuya acción debe ser asumida por el Ministerio del Ambiente, tomando como base las conclusiones del presente trabajo de investigación.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGUILAR, C. y N. VALENCIA. 2009. Relaciones filogenéticas entre Telmatobiinidos: Anura, Ceratophryridae, telamtobiinae de los andes centrales, basados en la morfología de los estados larvales y adultos. *Revista Peruana de Biología* 16(1): 043 – 050.
- AGUILAR, C, C. RAMÍREZ, D. RIVERA, X. SIU TING, J. SUAREZ y C. TORRES, 2010. Anfibios andinos del Perú, fuera de Áreas Naturales Protegidas: Amenazas y estado de conservación. *Rev. Per. Biol.* 17 (1): 005-028. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM.
- ALAVE, D, 1992. Caracterización de aspectos anatomohistológico de la ovogénesis en *Telmatobius* sp. (Sapo del lago Titicaca). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Biológicas. UNA Puno – Perú. (Biblioteca FCCBB-UNA).
- ALLEN, W. R. 1912. "Notes on the Andean Frog, *Telmatobius culeus* (Garman)." *Copeia*.
- AMPHIBIAN ARK. 2012. Chytrid Fungus. The Amphibian Chytrid, Fungus and Chytridiomycosis. <http://www.amphibianark.org/the-crisis/chytrid-fungus/> (accessed marzo 12, 2012).
- ARGOTA, P. G. 2015. Aplicacion GECOTOXIC para prediccion de riesgo ambiental: caso estudio sobre mortandad de peces en la bahia interior del lago Titicaca, PUNO-PERU. *Revista CAMPUS*, 20(20), 11-19

- AUTORIDAD BINACIONAL DEL LAGO TITICACA Y PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (ALT & PNUD) 2002. Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca – Desaguadero – Poopó - Salar de Coipasa (TDPS). Evaluación de la población de la rana gigante del lago Titicaca *Telmatobius culeus*. Crianza y manejo productivo de la rana gigante del lago Titicaca. 227 pp.
- AUTORIDAD BINACIONAL DEL LAGO TITICACA. 2012. Recuperemos los recursos pesqueros del sistema (TDPS). Boletín pesquero N° 1. La Paz, Bolivia
- BAES. J, ROMERO. D & FERRI. F, 2013. Rana, Sapos y científicos (M. Condori, ed.) AGORA. Pag. 21-22
- BENAVIDES, E. 2005 "The *Telmatobius* species complex in Lake Titicaca: Applying phylogeographic and coalescent approaches to evolutionary studies of highly polymorphic andean frogs." Estudios sobre las ranas andinas de los géneros *Telmatobius* y *Batrachophrynus* (Anura: Leptodactylidae) (Asociación Herpetológica española)
- BENAVIDES. E, J. C. ORTIZ, AND J.W. Sites. 2002. "Species boundaries among the *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) of the lake Titicaca basin: Allozyme and morphological evidence." Herpetologica (The Herpetologists' League, Inc.) 58, no. 1.
- BIOTECNOLOGIA AGROPECUARIA PERU (BTA-PERU) 2002. Evaluación de la población de rana gigante del lago Titicaca, *Telmatobius culeus*. Evaluación

poblacional. Informe final de primera y segunda evaluación poblacional. Vol II ALT-PNUD. 125 p.

CARMAUZE, J. P. ARZE, C. QUINTANILLA, J. 1984. Le lac Titicaca: stratification physique et metabolisme associe. Rev. Hydrobiol. Trp, 17(1): 3.12

CENTRO DE INVESTIGACION DE RECURSO NATURALES Y MEDIO AMBIENTE (CIRNMA). 2001. Proyecto de conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca, desaguadero, Poopó. (J. Ascencio, Ed) SCIELO pag. 9-12- 17 recuperado el 25 de mayo de 2016.

CENTRO PERUANO DE ESTUDIOS SOCIALES (CEPES). 2009. Evaluación del lago Titicaca. Publicación en línea. Octubre 2017. Se encuentra en URL; [www.cepes.org.pe/OCR/contaminación Titicaca](http://www.cepes.org.pe/OCR/contaminación%20Titicaca).

COUSTEAU, Jacques-Yves. 1993. La Leyenda del Titicaca (Video-PELT).

CUENTAS J, 1996. Avances sobre la crianza del *Telmatobius culeus*. Boletín N° 02. INADE/PELT. Dirección de Recursos Hidrobiológicos. Puno - Perú. (CENDOC-PELT).

DANHIER, E. 2011. Pourquoi conserver des grenouilles? May 19, 2011. <http://monstage2011.blogspot.com/> (accessed October 26, 2011).

DE LA RIVA, I. 2005. "Bolivian frogs of the genus *Telmatobius*: synopsis, taxonomic comments, and

- description of a new species." Monografías de Herpetología (Asociación Herpetológica Española)
- DEJOUX Claude e ILTIS André. 1991. El Lago Titicaca. Síntesis del Conocimiento limnológico actual. La Paz – Bolivia. Recursos Hidrobiológicos. (CENDOC-PELT).
- DUELLMAN, W. E. 1999. Hylid frogs of Middle América. Volumen 1 y 2. Society for the study of Amphibians and reptiles. St. Louis 1159 pp.
- DUELLMAN, W. E. y L. TRUEB. 1986. Biology of amphibians. McGraw-Hill, New York.
- ERGUETA, P. & HARVEY, M. B. 1996. "Anfibios." En Libro Rojo de Los Vertebrados de Bolivia, edited by P. Ergueta and C. Morales, 67-72. CDC-Bolivia.
- FLORES V. 2013. Preferencia de hábitat y densidad de *Telmatobius Culeus* (Familia: Ceratophrydae) en el lago Titicaca. Tesis de licenciatura UNSA. La Paz, Bolivia 59 p.
- FONTÚRBEL, F. G. GARCÍA, N. BRUN, M. FERRUFINO & R. ROCHA. 2003. Propuesta de producción sostenible de *Telmatobius culeus* (Anura: Leptodactylidae) en el lago Titikaka, mediante la implementación conjunta de un sistema de control de calidad ambiental. en: Fontúrbel, F. & G. García (eds.), Propuestas para un desarrollo sostenible: lago Titikaka por Estrategas K. Publicaciones Integrales, La Paz. pp. 19-52.

- FONTURBEL, F. 2003. "Algunos criterios biológicos sobre el proceso de eutrofización a orillas de seis localidades del lago Titikaka" *Ecología Aplicada*.
- FONTURBEL, F. 2004. "Conservación de ecosistemas, un nuevo paradigma en la conservación de la biodiversidad" *Ciencia Abierta Internacional*.
- FONTURBEL, F. 2004. "Un ejemplo de la necesidad de la conservación de ecosistemas: la eutrofización localizada en el lago Titikaka" (Departamento de la Paz. Bolivia). *Revista de Biología*.
- FONTURBEL, F. 2005. Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titikaka (Bolivia). Departamento Académico de Biología, UNAL, LIMA-PERU. *Ecología aplicada*, 4 (1, 2), 2005.
- FROST, D. R. GRANT, T. FAIVOVICH, J. BAIN, R. HAAS, A. LIO. HADDAD, de SA. R, CHANNING, A, WILKINSON, M, DONNELLAN, S, RAXWORTHY, C, CAMPBELL, J, BLOTTO, B, MOLER, P, DREWES, R, NUSSBAUM, R, LYNCH, L, GREEN, D. y W. C. WHEELER. 2006. The amphibian tree of life. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* N° 297, p. 1-370.
- GARMAN, S. 1876. "Exploration of Lake Titicaca." *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*.
- GOYZUETA CAMACHO, G. 2006. "Macrofitas del Lago Titicaca (Sitio Ramsar), condición de hábitat para la presencia de aves silvestres acuáticas neotropicales" Tesis Post Grado UNA- Puno.

- GOYZUETA, G, R. ALFARO y APARICIO. M. 2009. Totorales del lago Titicaca, importancia, conservación y gestión ambiental. Universidad Nacional del Altiplano y Gobierno Municipal de Puno. Puno – Perú.
- GUERLESQUIN, 1991. Proyecto de Desarrollo Sostenible del lago Titicaca, Informe del estado del lago Titicaca.
- HUTCHINSON, V. H. 1982. Physiological ecology of the telmatobiid frogs of the lake Titicaca. Research Report, National Geographic Society.
- HUTCHINSON, V. H, H. B. HAINES, and G. ENGBRETSON. 1976. "Aquatic life at high altitude: respiratory adaptations in the lake Titicaca frog, *Telmatobius culeus*." In respiration physiology, 27:115–129.
- ICHAC. M. 1990. La legende du lac Titicaca. Directed by Roger Brenot and Jean Mollard. Produced by Jacques-Yves Costeau, Alan Landsburg and Warren Bush. Performed by L'odyssées sous-marine de L'équipe Costeau. AMAYA distribution.
- ICOCHEA, JAVIER, STEFFEN REICHLER, IGNACIO DE LA RIVA, ULRICH SINSCH, AND JÖRN KÖHLER. 2004. IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. 2004. <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/57334/0> (accessed mayo 03, 2012).
- ILTIS, A. 1987. Datos sobre la temperature, el pH, conductividad de las aguas de superficie del lago Titicaca boliviano (1985-1986) UNSA-ORSTOM, La Paz, Informe 3: 19 p.

- ILTIS Y MOURGUIART, 1991. Proyecto de desarrollo sostenible del lago Titicaca, Informe del estado del lago Titicaca.
- IMARPE, 2014, Protocolos de análisis de agua.
- KIMBALL, John W. 1986. Biología. Cuarta Edición. Addison-Wesley Iberoamericana. 72 pp.
- LANNACONE, J. 2003. Helmintos parásitos de *Telmatobius jelskii* (Peter) (Anura, Leptodactilidae) de Lima – Perú. Revista brasileira de Zoología (1): 131 – 134.
- MAMANI M., D. PARI y G. FLORES. 2013. Diversidad de aves en hábitats contaminados de los alrededores de la laguna de estabilización de Puno. En II Simposio Internacional del lago Titicaca –TDPS. Puno – Perú.
- MANTILLA MENDOZA, B. 2004. ACUICULTURA, Crianza de truchas en jaulas flotantes en el lago Titicaca. Edic. Palomino Lima-Perú. 126 p
- MARTINEZ GONZALES & ZULETA RONCAL, 2007. Proyecto conservación de la biodiversidad en la cuenca del sistema Titicaca, Desaguadero, Poopó, Salar de Coipasa (TDPS).
- MENDOZA-ALMERALLA. C, BURROWES. P, PARRA-OLEA. G. 2015. La quitridiomycosis en los anfibios de México: una revisión. Revista mexicana de biodiversidad 86 (2015) 238-248.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2004. Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. Chile.

- MITTERMEIER. 1999. LIBRO ROJO de la fauna silvestre de los vertebrados de Bolivia, 2009.
- MOLLOCONDO H. y R. SALAS. 2013. Situación actual de la acuicultura de especies nativas altoandinas en la cuenca del Titicaca. Dirección Regional de la Producción Puno. En II Simposio Internacional del lago Titicaca –TDPS. Puno – Perú.
- MORENO, T. E; ARGOTA PÉREZ, G; ALFARO TAPIA, R; APARICIO, M; ATENCIO L, S. 2017. Determinación interactiva de metales totales en las aguas de la bahía interior del lago Titicaca, PUNO-PERÚ: Rev. Altoandin, 19(2):125-134.
- MUÑOZ, A. 2011. Proyecto iniciativa anfibios de Bolivia. Museo de Historia Natural Alcide D'Orbigny, Cochabamba, Bolivia. NO PUBLICADO.
- NORTHCOTE, T. 1991. Eutrofización y problemas de polución: En: Dejoux, C.& Iltis (eds) El lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual. Hisbol-ORSTOM, La Paz: 563-572.
- PÉREZ, María Esther. 1998. Dieta y ciclo gametogénico anual de *Telmatobius culeus* (Anura: Leptodactylidae) en el lago Titicaca (Huiñamarca). Tesis de Licenciatura en Biología: Facultad de Ciencia Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz: Bolivia. 140 p.
- PÉREZ, María Esther. 2005. "Cría en cautividad y uso sostenible de la rana gigante del lago Titicaca

(*Telmatobius culeus*). " Monografías de Herpetología (Asociación Herpetológica Española) 261-271.

PÉREZ, 2002. LIBRO ROJO de la fauna silvestre de los vertebrados de Bolivia.

PINEDA, D. 2009. Aves del lago Titicaca - Field Guide of the Lake Titicaca Birds. Editorial Altiplano. Puno- Perú.

PULIDO, Víctor. 1991. El libro rojo de la fauna silvestre del Perú. Lima – Perú. (REDINFOR-UNALM).

PULIDO, Víctor. 1996. Fauna silvestre amenazada en las Áreas Naturales Protegidas del Perú. En diversidad biológica del Perú. Zonas prioritarias para su conservación. Edit. Rodríguez Lily. Proyecto FANPE GTZ – INRENA. (REDINFOR-UNALM).

RAMOS, L. 2000. Evaluación de la información disponible del suri, pisaca y rana gigante del lago. Proyecto de conservación de la biodiversidad en la cuenca del Titicaca – Desaguadero – Poopó – Salar de Coipasa.

RAMSAR. 1999. Ramsar COP 7 DOC.24: Especies invasoras y humedales. RAMSAR COP, San José: 9

RAYNAL-ROQUES 1991. Proyecto de desarrollo sostenible del lago Titicaca, Informe del estado del lago Titicaca.

RODRÍGUEZ O. Lily 1996. Áreas prioritarias para conservación de anfibios en el Perú. En diversidad biológica del Perú. Zonas prioritarias para su conservación. Proyecto FANPE GTZ – INRENA. (INRENA Lima).

- RODRÍGUEZ Lily, CÓRDOVA Jesús e ICOCHEA Javier 1993. Lista preliminar de los anfibios del Perú. Publicaciones del Museo de Historia Natural. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú. (Biblioteca del Museo de Historia Natural “Javier Prado”-Lima).
- STUART, S.N. 2004. "Status and Trends of Amphibian declines and extinctions Worldwide." *Science (Science)* 306.
- SOTELO G, 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.
- TREVIÑO H., R. CHURA y H. NINARAQUI. 2013. Problemas ambientales, fenómeno el niño y sus implicancias en la producción ictica del lago Titicaca (1980 – 2011). Instituto del Mar del Perú. En II Simposio Internacional del lago Titicaca –TDPS. Puno – Perú.
- UICN/SSC, 2005. Amphibian conservation action plan. Edit. Linamark Printing, Largo, MD. USA.
- UICN, 2008. The word conservation union. Red list of treatedened species (<http://www.redistorg>).
- VELLARD, J. 1951. "Estudios sobre batracios andinos. I. El grupo *Telmatobius* y formas afines." Memorias del Museo de Historia Natural “Javier Prado” Perú.
- VELLARD, 1991. LIBRO ROJO de la fauna silvestre de los vertebrados de

Bolivia.

VERGARA MARTIN, J.M; HAROUN TABRAUE, R.J,
GONZALES ENRIQUEZ, M.N. 2004 “Evaluación de
impacto ambiental de acuicultura en jaulas en Canarias”
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del
Mar, U15.



La investigación, su esencia y arte.

ANEXOS

Anexo 1

Registro mensual de temperatura del agua del CIPBS - CHUCUITO (°C)

Días	2015						2016					
	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1,0		12,5	12,3	12,3	13,5	12,9	12,2	12,0	11,9	12,0	11,9	
2,0		12,6	12,3	12,3	13,7	12,3	122,3	12,2	12,0	11,8	12,0	
3,0		12,0	12,4	13,3	13,3	12,4	12,4	12,4	12,0	11,6	12,1	
4,0		12,2	12,2	13,7	13,4	12,2	12,2	13,9	12,2	11,6	12,0	
5,0		12,1	12,0	13,5	13,4	12,3	12,9	12,2	12,4	12,1	11,8	
6,0		12,3	12,1	13,2	13,3	12,3	12,9	12,0	12,0	11,9	11,8	
7,0		12,0	12,3	13,7	13,4	12,3	12,4	12,3	12,4	12,0	11,9	
8,0		11,9	12,4	13,4	13,5	12,4	12,9	13,8	12,7	11,8	12,0	
9,0		12,0	12,1	13,4	13,1	12,6	12,2	12,0	12,5	11,9	12,2	
10,0		12,3	12,1	12,9	13,6	12,2	12,9	12,5	12,6	11,9	12,4	
11,0		12,3	12,4	13,0	13,4	12,4	12,2	13,8	12,5	12,0	12,1	
12,0		12,1	12,7	12,7	13,6	12,5	12,7	12,2	12,7	12,1	12,0	
13,0		12,0	12,2	12,7	13,5	12,2	12,8	12,0	12,0	11,8	12,1	
14,0		12,2	12,2	13,1	13,4	12,3	12,4	12,6	12,8	11,9	11,8	
15,0		12,2	12,0	12,7	13,6	12,1	12,6	12,2	12,2	12,1	11,8	
16,0		12,3	12,1	13,1	13,4	12,3	12,2	12,2	12,1	12,2	12,0	
17,0		12,2	12,3	13,3	13,4	12,3	12,3	12,9	12,2	11,9	11,8	

18,0		12,2	12,2	13,2	13,2	12,2	12,7	12,9	12,3	12,0	12,0	
19,0		12,2	12,0	13,2	13,6	12,2	12,0	12,0	12,2	12,1	12,4	
20,0		12,1	12,1	12,0	13,3	12,1	12,0	12,3	12,0	12,1	12,0	
21,0		12,3	12,2	12,7	13,3	12,2	12,2	12,7	12,8	12,2	11,8	
22,0		12,2	12,2	13,1	13,6	12,2	12,2	12,0	12,0	11,9	12,0	
23,0		11,9	12,2	12,9	13,4	12,1	12,9	12,4	12,2	11,9	12,0	
24,0		12,2	12,0	13,0	13,2	12,0	12,9	12,6	12,0	11,8	12,4	
25,0		12,4	12,1	13,0	13,6	11,9	12,9	12,7	12,1	12,0	12,2	
26,0		12,0	12,0	13,1	13,3	12,4	12,0	12,8	12,0	12,0	12,0	
27,0		12,3	12,2	13,3	14,0	12,0	12,2	12,8	12,0	12,1	12,0	
28,0		12,1	12,1	14,0	14,2	12,1	12,3	12,8	12,3	11,8	11,9	
29,0		12,3	12,1	13,5	13,4	12,1	12,2		12,4	11,8	11,9	
30,0		12,4	12,3	13,3	13,6	12,3	12,0		12,7	11,9	11,9	
31,0		12,5		13,0		12,3	12,1		12,3		12,2	
Promedio Mensual	12,0	12,2	12,1	13,0	13,4	12,2	12,4	12,5	12,2	11,9	12,0	12,0
Promedio Trimestral	12,4			12,8			12,3			12,0		



La investigación, su esencia y arte.

Anexo 2

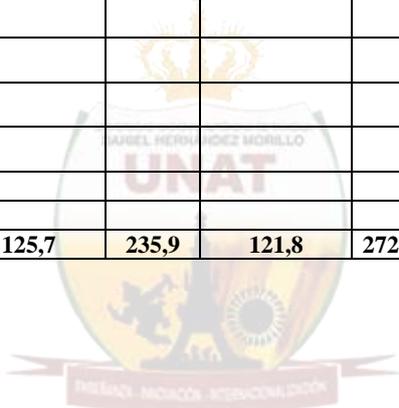
Determinación de Peso y Talla de la rana gigante y estabulación en el CIPBS - Chucuito

N° DE ORDEN	FECHA DE									
	11/08/2014		12/08/2014		10/06/2015		13/08/2015		14/08/2015	
	Talla SVL (mm)	Peso (g)								
1	132	230							124	183
2	127	249							123	180
3	130	251							125	178
4	128	259							121	178
5	130	259							120	170
6	130	259							123	162
7	126	268							107	103
8	122	269							108	108
9	129	269							106	109
10	130	273							111	109
11	130	274							109	111
12	138	276							115	114
13	138	281							113	116
14	129	289							112	119
15	128	294							115	120
16	127	299							114	123
17	129	301							117	124
18	130	304							128	126



19	129	305							115	127
20	128	317							110	128
21			122	264					116	130
22			125	261					110	133
23			133	244					109	139
24			118	240					115	140
25			119	240					113	147
26			125	231					100	141
27			130	228					120	149
28			128	224					119	155
29			124	223					118	159
30			128	221					115	160
31			130	219					117	185
32					120	249				
33					120	263				
34					120	266				
35					115	267				
36					121	270				

37					123	271				
38					125	276				
39					124	273				
40					126	295				
41					124	297				
42							100	93		
43							104	95		
44							107	103		
45							105	105		
46							119	201		
47							117	206		
48							120	210		
49							124	214		
50							125	215		
51							99	90		
Promedio	122,6	276,3	125,7	235,9	121,8	272,7	112	153,2	114,9	138,9



Anexo 3

Registro de parámetros biométricos de reproductores de *Telmatobius culeus*

Número	SEXO			
	HEMBRA		MACHO	
	Talla SVL (mm)	Peso (g)	Talla SVL (mm)	Peso (g)
1	170	341	128	242
2	158	346	125	219
3	147	332	126	185
4	160	358	136	310
5	134	308	129	293
6	125	193	119	294
7	149	305	109	302
8	122	270	125	147
9	124	220	110	215
PROMEDIO	143	297	123	245
Desviación Estándar	17	54	8	61
Mínimo	122	193	109	147
Máximo	170	358	136	310

Anexo 4

Periodo de ciclo de vida de *Telmatobius culeus* en el CIPBS – Chucuito

Número	Amplexus (Días)	Desove (Días)	Eclosion (Días)	Larvas (Días)	Renacuajo con miembros posteriores (Días)	Renacuajo con miembros anteriores (Días)	Reabsorción del apéndice caudal (Días)
1	1	2	15	30	90	20	100
2	2	1	15	30	87	25	105
3	2	1	13	30	80	15	80
4	1	1	15	30	90	20	90
5	3	2	15	27	85	20	90
6	2	1	12	28	80	15	80
7	2	1	13	26	80	15	80
Promedio	1.9	1.3	14.0	28.7	84.6	18.6	89.3
D. Standart	0.7	0.5	1.3	1.7	4.6	3.8	10.2
Mínimo	1	1	12	26	80	15	80
Maximo	3	2	15	30	90	25	105

Anexo 5

*Periodo de ciclo de vida de **Telmatobius culeus** en el laboratorio de Pesquería UNA- Puno*

Número	Amplexus (Días)	Desove (Días)	Eclosión (Días)	Larvas(Días)	Renacuajo con miembros posteriores (Días)	Renacuajo con miembros anteriores (Días)	Reabsorción del apéndice caudal (Días)
1	3	2	19	30	90	18	100
2	3	2	20	32			
Promedio	3	2	19.5	31	90	18	100
D. Standart	0	0	0.7	1.4	0.0	0.0	0.0
Mínimo	3	2	19	30	90	18	100
Máximo	3	2	20	32	90	18	100

Anexo 6

*Número de individuos en el desarrollo del ciclo vital de **Telmatobius culeus** en el CIPBS – Chucuito*

Número de Individuos	Desove	Larvas	Renacuajo con miembros posteriores	Renacuajo con miembros anteriores	Reabsorción del apéndice caudal
1	45	36	25	12	3
2	20	14	13	7	5
3	27	21	15	11	7
4	44	31	27	10	4

5	113	81	71	42	16
6	36	29	26	17	11
7	41	34	29	19	9
Promedio	46.6	35.1	29.4	16.9	7.9
D. Standart	30.7	21.6	19.3	11.8	5.0
Mínimo	20	14	13	7	3
Máximo	113	81	71	42	16

Anexo 7

*Número de individuos en el desarrollo del ciclo vital de **Telmatoebius culeus** en el laboratorio de pesquería*

Numero	Desove	Larvas	Renacuajo con miembros posteriores	Renacuajo con miembros anteriores	Reabsorción del apéndice caudal
1	24	2	2	1	1
2	10	1			
Promedio	17	1.5	2	1	1
D. Standart	9.9	0.7	0.0	0	0
Minimo	10	1			
Maximo	24	2	2	1	1

Anexo 8

Instalaciones del Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios Chucuito



Anexo 9

*Construcción de acuarios para la reproducción de la rana gigante (*Telmatobius culeus*) del lago Titicaca en el CIPBS Chucuito*



Anexo10

*Tipo de **amplexus axial** en **telmatobius culeus** rana gigante del **titicaca** es de interés regional en puno*



Anexo 11

*Renacuajo de **Telmatobius culeus***

