



**Universidad de Concepción  
Campus Los Ángeles  
Escuela de Educación**

**Conducta térmica en dos poblaciones de *Batrachyla taeniata* provenientes de la localidad de Ucúquer en la región de O'Higgins y de la localidad de Hualpén en la región del Biobío**

---

Seminario de Título, para optar al título Profesional Profesor de Ciencias Naturales y Biología

**Seminarista** : Karla Constanza Arriagada García.  
**Profesor guía** : MSc. Nicza Fernanda Alveal Riquelme.

**Los Ángeles - Chile**

**2019**

## Agradecimientos

Esta etapa finalizada, donde he pertenecido a la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, sin lugar a dudas, ha sido muy importante en mi vida, ya que he aprendido a valorar mis capacidades y el significado del esfuerzo y del trabajo constante.

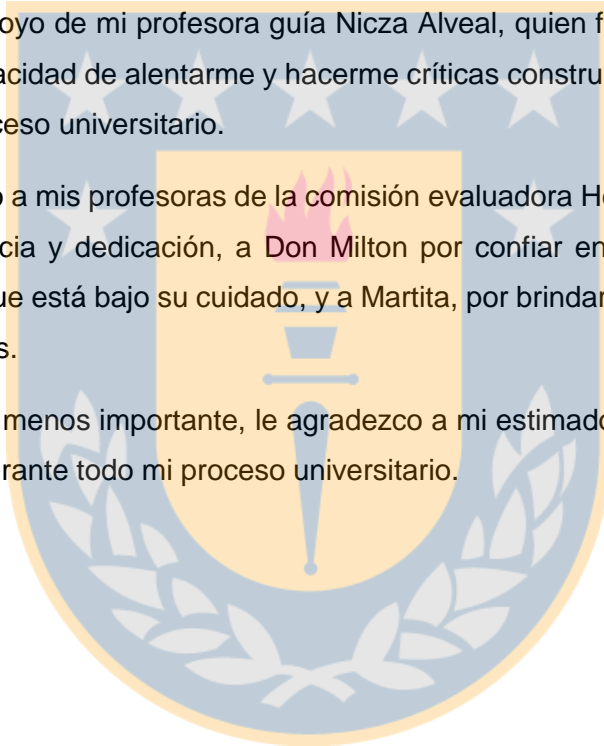
Pero por sobre todas las cosas, he aprendido a valorar el significado de la familia, del compañerismo y de la amistad, ya que, este proceso no lo viví sola, sino que tuve la compañía y el apoyo incondicional de mi familia; padres, hermanos y abuelos.

Además conté con el apoyo de mis amigos Litssi Rivas y Jordan Hernández, quienes me brindaron su tiempo y ayuda durante todo el proceso del seminario de título.

También tuve el apoyo de mi profesora guía Nicza Alveal, quien fue una excelente guía y siempre tuvo la capacidad de alentarme y hacerme críticas constructivas tanto en mi seminario como en mi proceso universitario.

También agradezco a mis profesoras de la comisión evaluadora Helen Díaz y Pabla Hernández, por su paciencia y dedicación, a Don Milton por confiar en mí y permitirme trabajar en el laboratorio que está bajo su cuidado, y a Martita, por brindarme su apoyo con el alimento para mis ranitas.

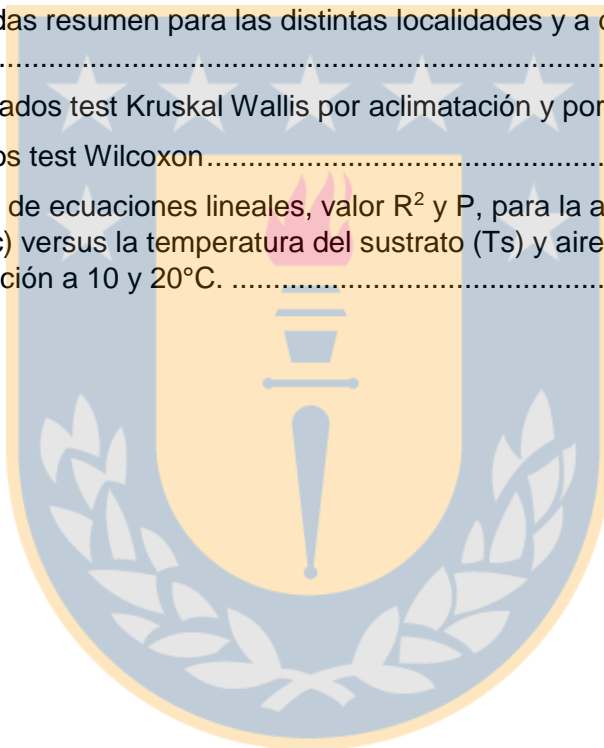
Por último, pero no menos importante, le agradezco a mi estimado profesor Fabián Cifuentes, por su apoyo durante todo mi proceso universitario.



## Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>6</b>
<b>Planteamiento y justificación de la investigación</b> .....	<b>7</b>
Objeto de estudio .....	11
Preguntas de investigación .....	11
Objetivo general .....	11
Objetivos específicos .....	11
Hipótesis .....	11
Predicciones.....	12
<b>Marco referencial</b> .....	<b>13</b>
Nociones generales sobre anfibios.....	13
Relación anfibios-temperatura.....	13
Relación temperatura-distribución .....	14
<i>Batrachyla taeniata</i> como modelo de estudio .....	15
<b>Diseño metodológico</b> .....	<b>18</b>
Enfoque de la investigación.....	18
Definición y selección de la muestra .....	18
Técnicas de recolección de información.....	19
Área de estudio y datos de campo .....	19
Cautiverio, aclimatación y experimentación:.....	21
Parámetros térmicos a evaluar:.....	21
1. Temperatura Crítica máxima ( $TC_{m\acute{a}x}$ ).....	21
2. Temperatura Crítica mínima ( $TC_{m\acute{i}n}$ ).....	21
3. Rango de Tolerancia Térmica .....	22
4. Tasa de calentamiento (Tcal).....	22
5. Tasa de enfriamiento (Tenf) .....	22
6. Temperatura Seleccionada (Tsel) .....	22
Plan de análisis .....	24
Análisis estadístico:.....	24
<b>Resultados</b> .....	<b>25</b>
Tamaño y masa corporal.....	25
Termorregulación en condiciones de laboratorio .....	26
Temperatura Crítica Máxima ( $TC_{m\acute{a}x}$ ).....	29
Temperatura Crítica Mínima ( $TC_{m\acute{i}n}$ ) .....	30

Rango de Tolerancias Térmicas (RTT).....	31
Constantes de tiempo térmico.....	32
Temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ).....	34
<b>Discusión .....</b>	<b>35</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>40</b>
<b>Alcances del estudio .....</b>	<b>41</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>42</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>49</b>
Anexo 1. Tabla de medidas resumen de tamaño y masa para las distintas localidades. .....	49
Anexo 2. Tabla de resultados test Kruskal Wallis por localidad para masa y tamaño... 49	49
Anexo 3. Tabla de medidas resumen para las distintas localidades y a diferente aclimatación. ....	50
Anexo 4. Tabla de resultados test Kruskal Wallis por aclimatación y por localidades... 51	51
Anexo 5. Tabla resultados test Wilcoxon.....	51
Anexo 6. Tabla resumen de ecuaciones lineales, valor $R^2$ y P, para la asociación de la temperatura corporal ( $T_c$ ) versus la temperatura del sustrato ( $T_s$ ) y aire ( $T_a$ ) en laboratorio, con aclimatación a 10 y 20°C. ....	52



## Resumen

Chile es un país con variados hábitats y diferentes temperaturas ambientales, las cuales influyen directamente sobre los procesos fisiológicos de los anfibios. Así mismo, los anfibios poseen mecanismos de adaptación a diversos hábitats térmicos, siempre y cuando exista humedad suficiente para evitar la desecación, sin embargo, su gran dependencia ambiental los ha llevado a ser considerados el taxa con mayor riesgo de extinción frente al cambio climático.

*Batrachyla taeniata*, es una especie ideal para evaluar hipótesis sobre conducta térmica, ya que habita un extenso rango latitudinal; desde la región de Valparaíso hasta la región de Magallanes y La Antártica Chilena.

Para analizar los parámetros térmicos, se colectaron individuos de dos localidades; Ucuquer (Región de O'Higgins), y Hualpén (Región del Biobío). El diseño experimental consideró dos temperaturas de aclimatación (10 y 20°C), y se determinó la respuesta térmica y temperatura de preferencia.

Los resultados en laboratorio, mostraron que *Batrachyla taeniata* presenta una conducta termoconformista además de tigmotérmica, también se evidenció que toleran amplios rangos de temperaturas, que abarcan desde los -3,43 hasta los 37°C, con una  $T_{sel}$  media de 20°C. En cuanto a tasas de enfriamiento y calentamiento, a una aclimatación de 10°C, los individuos de Hualpén se enfriaron y calentaron más rápido, mientras que a 20°C, los individuos de Ucuquer se enfriaron y calentaron más rápido. Finalmente, se determinó que la temperatura de aclimatación sólo tuvo un efecto sobre  $T_{sel}$  y  $\tau_{cal}$ , y que la diferente procedencia geográfica de los individuos no influyó en la respuesta térmica de *Batrachyla taeniata*.

**Palabras clave:** Temperatura corporal, termoconformista, anfibios.

## **Abstract**

Chile is a country with varied habitats and different environmental temperatures, which directly influence the physiological processes of amphibians. Likewise, amphibians have mechanisms for adapting to diverse thermal habitats, as long as there is enough humidity to avoid drying out. However, their great environmental dependence has led them to be considered the taxa with the highest risk of extinction in the face of climate change.

*Batrachyla taeniata* is an ideal species to evaluate hypotheses about thermal behavior, since it inhabits an extensive latitudinal range, from the region of Valparaíso to the region of Magallanes and Chilean Antarctica.

To analyze thermal parameters, individuals were collected from two localities; Ucuquer (O'Higgins Region), and Hualpén (Biobío Region). The experimental design considered two acclimatization temperatures (10 and 20°C), and the thermal response and preferred temperature were determined.

The laboratory results showed that *Batrachyla taeniata* has a thermo-conformist behavior in addition to tigmothermic, it was also evident that they tolerate wide temperature ranges, ranging from -3.43 to 37°C, with an average  $T_{sel}$  of 20°C. In terms of cooling and heating rates, at an acclimatization of 10°C, Hualpén individuals cooled and warmed faster, while at 20°C, Ucuquer individuals cooled and warmed faster. Finally, it was determined that the acclimatization temperature only had an effect on  $T_{sel}$  and  $\tau_{cal}$ , and that the different geographical origin of the individuals did not influence the thermal response of *Batrachyla taeniata*.

**Key words:** Body temperature, thermoformist, amphibians.

## Planteamiento y justificación de la investigación

La relación entre el clima y la biología térmica en anfibios tiene un rol fundamental en su éxito evolutivo y ecológico (Gilchrist, 1995; Pörtner, 2002), ya que la temperatura ambiental ( $T_a$ ) es una de las variables abióticas más influyentes para su subsistencia (Anguilleta, 2009), debido a que estos individuos son ectotermos y necesitan de una fuente externa de energía para realizar sus procesos metabólicos (Pough & Gans, 1982). De acuerdo con lo anterior, se puede establecer que los anfibios presentan una alta sensibilidad y mayor riesgo de extinción frente a las cambiantes condiciones ambientales del planeta (Anguilleta, 2009), siendo un hecho reconocido desde hace más de tres décadas (Blaustein *et al.*, 1994; Houlahan *et al.*, 2000). Sin embargo, en los últimos años ha tomado mayor preponderancia debido a los importantes cambios climáticos que está enfrentando el planeta, y que afectan no sólo a este grupo, sino que a todo ser vivo que en él habita.

Entre las particularidades biológicas de los anfibios, destaca que tienen un ciclo de vida complejo, con una fase acuática y otra terrestre, poseen baja capacidad de dispersión, variados mecanismos de respiración y una alta permeabilidad de la piel (Duellman & Trueb, 1986; Jorgensen, 1992; Miaud & Merilä, 2001). Estas características, permiten señalar que además de la  $T_a$ , la humedad relativa del ambiente es otro factor fundamental en la actividad metabólica de los anfibios (Tracy, 1976), en especial en el caso de la respiración cutánea (Feder & Burggren, 1985; Boutilier *et al.*, 1992), ya que la evaporación constante del agua a través de la piel provoca que la temperatura corporal ( $T_c$ ) de los anfibios no supere la temperatura del ambiente, ya sea del aire ( $T_a$ ) o del sustrato ( $T_s$ ) (Hadfield, 1966; Pearson & Bradford, 1976; Sinsch, 1989), por lo que a menudo suelen adquirir temperaturas por debajo de las del medio que los rodea. Sin embargo, procesos como la “Adaptación local” y/o “Plasticidad fenotípica” han permitido la evolución y/o permanencia frente a un determinado hábitat o lograr tolerar las variaciones del ambiente. La adaptación local es un mecanismo que le permite a una población adquirir, por selección natural, rasgos característicos que llevan a potenciar la supervivencia de sus individuos frente a un ambiente en particular, mientras que la plasticidad fenotípica, es reconocida como la capacidad que muestran algunos genotipos para alterar de forma significativa su expresión en respuesta a distintos factores ambientales, ya sea en su morfología y/o fisiología

(Scheiner, 1993; Pigliucci *et al.*, 2006), y esta puede ser reversible como irreversible. En el caso de ser reversible, si los cambios de la  $T_a$  ocurren de forma natural, los anfibios responden a corto y largo plazo, proceso llamado “aclimatización”, pero, si los cambios de  $T_a$  son controlados bajo condiciones de laboratorio la respuesta de estos organismos se denomina “aclimatación” (Hillman *et al.*, 2009).

Pese a lo anterior, los anfibios han demostrado poseer una gran capacidad de adaptación, pues han logrado estar presentes en una extensa variedad de ambientes térmicos, siendo algunos de estos extremadamente exigentes, como lo son las altas latitudes, desiertos y montañas (Anguilleta *et al.*, 2002). Bajo este contexto, los anfibios que toleran un amplio rango de temperaturas se denominan “euritermos” y están presentes en aquellos ambientes donde las fluctuaciones de  $T_a$  son mayores, en cambio aquellos anfibios que se limitan a un estrecho rango son “estenotermos” (Moyes & Schulte, 2007).

Existen dos mecanismos empleados por los ectotermos para hacer frente a las variaciones térmicas del ambiente, el primero de ellos se denomina “Termoconformidad” y corresponde a aquellos anfibios que no exhiben mecanismos de regulación, y que logran mantener una  $T_c$  cercana a la  $T_a$  (Mercer, 2001; Anguilleta, 2009). Esto les permite habitar ambientes con poca disponibilidad de recursos térmicos y/o con altos costos para aumentar su  $T_c$  (Labra *et al.*, 2008; Sanabria *et al.*, 2011). Mientras que el segundo mecanismo corresponde a la “Termorregulación”, que es aquel donde los anfibios tienen un variado repertorio de mecanismos de regulación térmica, y mantienen activamente una  $T_c$  distinta a la  $T_a$ , (Mercer, 2001; Anguilleta, 2009), lo que les posibilita para habitar en ambientes heterogéneos donde existe mayor disponibilidad de recursos térmicos (Sanabria *et al.*, 2011) y mantener así un rango de temperatura óptimo (Brattstrom, 1963). De este modo, la energía térmica proveniente del ambiente la pueden obtener mediante la exposición directa al sol (“Heliotermia”) o por medio del contacto con el sustrato (“Tigmotermia”) (Sanabria *et al.*, 2007).

Debido a lo expuesto anteriormente, se hace necesario determinar la conducta térmica de estos organismos ya que permitiría obtener un mayor conocimiento sobre cómo podrían responder a las variaciones de temperatura en determinadas circunstancias (Iturra-Cid, 2010), o cómo podrían responder frente a un escenario de cambio climático. Conocer la tolerancia térmica de una especie, se puede establecer cuantificando el límite inferior, que corresponde a la Temperatura Crítica mínima ( $TC_{\min}$ ) que un organismo puede tolerar y el límite superior que corresponde a Temperatura Crítica máxima ( $TC_{\max}$ ) de tolerancia



(Zug *et al.*, 2001). Además, es importante tener claro las preferencias térmicas, llamadas Temperatura seleccionadas ( $T_{sel}$ ) ya que esta temperatura es considerada como coadaptada con la temperatura óptima de funcionamiento (Huey, 1982), es decir, la temperatura a la cual el rendimiento es máximo (Sanabria & Quiroga, 2011).

En relación a las características ambientales de Chile y de cómo responden las especies de anfibios a esta variabilidad ambiental, cabe destacar que al ser un país multiclimático, el cambio global ha afectado las diferentes zonas de manera muy dispar, por ejemplo en las zonas cordilleranas y de los valles centrales se ha presentado un aumento en las temperaturas (Falvey & Garreaud, 2009), sin embargo, se desconoce los parámetros fisiológicos que permiten a estas especies amortiguar los efectos de este cambio.

En el caso particular de la especie *Batrachyla taeniata*, esta es una especie de anfibio ideal para evaluar hipótesis ecofisiológicas, ya que habita un extenso rango latitudinal, abarcando desde la provincia de Aconcagua en la Región de Valparaíso hasta la Rio Mosco en la Región de Aysén ocupando una diversidad de hábitats (Correa *et al.*, 2014). Distribución que se amplió hasta Puerto Natales en la región de Magallanes y Antártica Chilena (Celis-Diez *et al.*, 2011). Además, se reconoce la presencia de una población marginal en Quintero ubicado en el centro de Chile que se encuentra en un bosque relictos rodeado de estepa semiárida de *Acacia caven* (Rabanal & Núñez, 2009). Unido a esto, el amplio rango de distribución de esta especie, permite suponer que se ve enfrentada a diferentes condiciones ambientales, con una amplia variedad de temperaturas (Correa *et al.*, 2014).

Para *Batrachyla taeniata* existe muy poca información térmica, encontrándose sólo dos estudios en Chile; uno sobre la temperatura corporal en condiciones de campo, en el cual Iturra-Cid y Ortiz (2010), utilizan una muestra de machos y hembras desde el sector de Las Quemadas, en la provincia de Llanquihue demostrando que *Batrachyla taeniata* es una especie termoconformista en condiciones de campo. Y otro estudio de Contreras (2016), que investiga el efecto de la temperatura de aclimatación sobre la conducta térmica de *Batrachyla taeniata* en una población de la región del Biobío, donde también se demuestra que la especie es termoconformista en condiciones de campo, además de ser euritérmica y poseer un alto rango de tolerancia térmica.

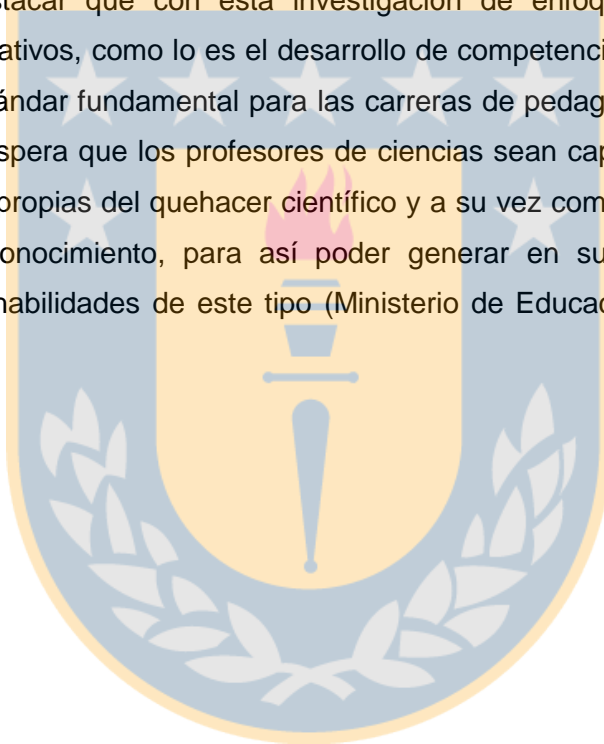
Mediante el presente estudio, se espera comprender cómo funciona y responde la especie frente a determinadas variaciones ambientales, analizando la respuesta térmica en

diferentes parámetros térmicos de dos poblaciones de *Batrachyla taeniata* provenientes de dos localidades con ambientes y climas diferentes, en condiciones de laboratorio, siendo expuestas a distintas temperaturas de aclimatación (10°C y 20°C).

Junto a esto, falta por dilucidar si existe o no, un efecto de la procedencia geográfica generando plasticidad fenotípica en la conducta térmica, lo que llevaría a que una población enfrentada a condiciones ambientales diferentes manifieste una conducta térmica desigual.

Esta información podría ser útil para que futuros trabajos logren predecir de qué manera respondería a los escenarios de cambio climático y así poder anticipar medidas de protección para su conservación.

Es importante destacar que con esta investigación de enfoque científico, se promueven aspectos educativos, como lo es el desarrollo de competencias científicas por parte de los docentes, estándar fundamental para las carreras de pedagogía en Biología. Bajo este parámetro, se espera que los profesores de ciencias sean capaces de mostrar las habilidades científicas propias del quehacer científico y a su vez comprender cómo se desarrolla este tipo de conocimiento, para así poder generar en sus estudiantes el desarrollo de actitudes y habilidades de este tipo (Ministerio de Educación Gobierno de Chile, 2012).



## Objeto de estudio

Efecto de la temperatura de aclimatación y procedencia geográfica sobre la conducta térmica de dos poblaciones de la especie *Batrachyla taeniata*, provenientes de las localidades de Ucúquer en la región de O'Higgins y Hualpén de la región del Biobío.

## Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la conducta térmica de *Batrachyla taeniata*?
- ¿Existe un efecto de la temperatura de aclimatación sobre la conducta térmica de *Batrachyla taeniata*?
- ¿Existen diferencias en la respuesta térmica entre las poblaciones de *Batrachyla taeniata* provenientes de dos localidades con ambientes diferentes?

## Objetivo general

Evaluar el efecto de la procedencia geográfica y temperatura de aclimatación sobre la conducta térmica de dos poblaciones de *Batrachyla taeniata* (Girard, 1855) en Chile.

## Objetivos específicos

- Determinar los parámetros térmicos de la especie *Batrachyla taeniata*.
- Analizar el efecto de la procedencia geográfica sobre la conducta térmica de las poblaciones de *Batrachyla taeniata*.
- Describir el efecto de la temperatura de aclimatación sobre la conducta térmica de las poblaciones de *Batrachyla taeniata*.

## Hipótesis

Como todas las especies que tienen rasgos muy amplios de distribución, *Batrachyla taeniata* está sometida a una gama extensa de condiciones ambientales determinadas por fisiografía, vegetación y altura sobre el nivel del mar, que pasan a constituir presiones selectivas generalmente divergentes (Di Castri, 1968). Lo anterior permite establecer como hipótesis que:

- H<sub>1</sub>. "Existe un efecto de la procedencia geográfica y de la temperatura de aclimatación sobre la conducta térmica de *Batrachyla taeniata*".
- H<sub>0</sub>. "No existe un efecto de la temperatura de aclimatación ni de la procedencia geográfica sobre los parámetros térmicos de *Batrachyla taeniata*".

## Predicciones

- *Batrachyla taeniata* presentará un amplio RTT, con una alta tolerancia a  $TC_{m\acute{a}x}$  y  $TC_{m\acute{i}n}$ , lo que le permitiría ser considerada como especie euritérmica.
- Existirán variaciones en los parámetros térmicos de *Batrachyla taeniata* en un gradiente latitudinal. En este sentido, se esperaría que de norte a sur exista una disminución en  $TC_{m\acute{a}x}$ ,  $T_{sel}$  y  $\tau_{enf}$  y un incremento en  $TC_{m\acute{i}n}$  y  $\tau_{cal}$ .
- *Batrachyla taeniata* presentará una alta correlación entre la temperatura de aclimatación y los valores de sus parámetros térmicos.



## **Marco referencial**

### **Nociones generales sobre anfibios**

A nivel mundial, éstos vertebrados comprenden alrededor de 7100 especies y a través de los años se han diversificado rápidamente (Lobos *et al.*, 2013). Se pueden clasificar principalmente en tres órdenes: Gymnophiona (Cecilias), Caudata (salamandras, tritones y ajolotes), y Anura (Ranas y sapos) que es el orden más abundante y conocido (Lobos *et al.*, 2013).

Los anfibios tienen un ciclo de vida complejo, con una fase acuática y otra terrestre (Duellman & Trueb, 1986; Jorgensen, 1992; Miaud & Merilä, 2001), ésta comienza en la etapa de larva acuática hasta sufrir un proceso metamórfico que termina en un adulto completamente adaptado para el medio terrestre, aunque aun dependiendo del agua, ya que necesitan ambientes frescos y húmedos, como charcas, estanques y ríos (Hickman *et al.*, 2009).

Además de tener un ciclo de vida complejo, los anfibios también poseen otras particularidades biológicas, como su baja capacidad de dispersión, variados mecanismos de respiración y una alta permeabilidad de la piel (Duellman & Trueb, 1986; Jorgensen, 1992; Miaud & Merilä, 2001). Debido a esto, los anfibios presentan una alta sensibilidad y mayor riesgo de extinción frente a los eventuales cambios en las condiciones ambientales del planeta (Angilletta, 2009), ya que la variable ambiental más importante para su subsistencia es la Temperatura del ambiente ( $T_a$ ), la cual incide en su adecuación biológica (Angilletta, 2009), condicionando procesos fisiológicos, metabólicos, conductuales y químicos (Hochachka & Somero, 2002). La humedad relativa es otro factor fundamental en la actividad metabólica de los anfibios (Tracy, 1976), en especial en el caso de la respiración cutánea (Feder & Burggren, 1985; Boutilier *et al.*, 1992), ya que la evaporación constante del agua a través de la piel provoca que la temperatura corporal no supere la temperatura del ambiente. (Hadfield, 1966; Pearson & Bradford, 1976; Sinsch, 1989).

### **Relación anfibios-temperatura**

Como ya se ha mencionado, los anfibios tienen una alta dependencia con la temperatura del ambiente, por lo que se puede establecer que estos organismos sean considerados como ectotermos (ecto=fuera, termo=temperatura), y en particular, poiquilotermos (poikilo=variable, termo=temperatura), ya que su fuente de energía es de carácter externo (Pough & Gans, 1982), lo que determina que su Temperatura corporal ( $T_c$ ) sea variable (Eckert *et al.*, 1991), pues la transferencia de calor entre el ambiente y los

anfibios se realiza a través de la superficie de la piel (Labra & Vidal, 2003), y al habitar ambientes tanto terrestres como acuáticos, tienen distintos mecanismos para intercambiar el calor con el entorno, como lo son la radiación, convección, conducción y evaporación (Angilletta, 2009). Si un organismo aumenta su  $T_c$  a exposición del sol, estará realizando el proceso de Heliotermia, mientras que otros anfibios utilizan la energía térmica por medio del contacto con el sustrato, proceso denominado Tigmotermia (Sanabria *et al.*, 2007).

Debido a que los anfibios no disponen de mecanismos fisiológicos productores de calor significativos (Peters, 1964), pueden buscar su óptimo térmico mediante el desarrollo y empleo de dos estrategias térmicas: la termorregulación, que corresponde a aquellos organismos que exhiben un variado repertorio de mecanismos termorregulatorios, manteniendo una temperatura corporal activamente distinta de la temperatura ambiental (Labra & Vidal, 2003). O por otra parte, ser termoconformista, que se define como aquellos organismos que no exhiben mecanismos de termorregulación teniendo temperaturas corporales similares a la temperatura ambiental (Labra & Vidal, 2003). También es frecuente que algunas especies combinen ambas estrategias, por lo que pueden depender de factores como la estación del año, la ocupación del hábitat, el riesgo de depredación, y el balance hídrico (Sanabria *et al.*, 2011).

### **Relación temperatura-distribución**

Se considera a la Temperatura del ambiente,  $T_a$ , como la variable ambiental más importante para la subsistencia de este taxa, ya que esta afecta a la adecuación biológica (Angilletta, 2009; Alveal, 2015) por lo que genera límites a la distribución que estos pueden adoptar en el ambiente.

Pese a esto, los anfibios presentan una gran capacidad de adaptación, por lo que han podido estar presentes en un amplio espectro de ambientes térmicos, algunos de los cuales son extremadamente exigentes, como las altas latitudes, desiertos y montañas (Angilletta *et al.*, 2002). Bajo este contexto, los anfibios que toleran un amplio rango de temperaturas se denominan “euritermos” y aquellos que se limitan a un estrecho rango son “estenotermos” (Moyes & Schulte, 2007).

Cuando un espécimen se enfrenta a variaciones ambientales, estos pueden responder de dos formas: “Adaptación local” y/o “Plasticidad fenotípica”. La adaptación local es el mecanismo que permite que una población adquiera por selección natural rasgos característicos que llevan a potenciar la supervivencia de estos, frente a un ambiente en

particular, mientras que la plasticidad fenotípica, es reconocida como la capacidad que muestran algunos genotipos para alterar de forma significativa su expresión en respuesta a distintos factores ambientales, esta puede ser reversible como irreversible. En el caso de ser reversible, si los cambios de la Ta ocurren de forma natural, los anfibios responden a corto y largo plazo, proceso llamado “aclimatización”, pero si los cambios de Ta son controlados bajo condiciones de laboratorio la respuesta de estos organismos se denomina “aclimatación” (Hillman *et al.*, 2009).

### ***Batrachyla taeniata* como modelo de estudio**

*Batrachyla taeniata* (Fig.1), es una rana de tamaño mediano, de entre 2 a 4 cm de longitud hocico-cloaca, de cuerpo esbelto con patas largas y delgadas. Dedos terminados en puntas redondeados. Dedos libres con membrana interdigital muy reducida. Cabeza algo puntiaguda con anillo timpánico visible externamente. Piel lisa, con algunas excepciones en individuos de zonas insulares que presentan suaves granulaciones. Coloración que varía entre café, terracota y beige en la zona dorsal y color crema centralmente. Presenta una característica franja pigmentada a cada lado del rostro, que va desde las narinas hasta el tímpano, a modo de un antifaz. Ojos negros con borde superior amarillo. Pupilas horizontales (Cei, 1962; Rabanal & Núñez, 2009).

Habita predominantemente bosques endémicos, turberas y zonas inundadas y es posible verlo de día caminando y saltando por el bosque. Usa como guaridas orificios dejados por una serie de otros animales que conviven en el mismo hábitat. También es posible encontrarlos bajo rocas o refugios de troncos y cortezas o sobre musgos o en lechos de ríos, cantando sobre las rocas descubiertas durante la noche (Celis-Diez *et al.*, 2011).



**Figura 1.** Especie *Batrachyla taeniata*, del Orden *Anura* y Familia *Ceratophryidae* (Girard, 1855).

La especie se distribuye en Chile y Argentina, entre los 32° y 46°S, y desde el nivel del mar hasta los 1.000 m (Úbeda *et al.*, 2008). La especie se distribuye naturalmente en bosques nativos y zonas inundadas, en Chile se encuentra desde la provincia de Aconcagua en los bosques de Zapallar y bosque relicto de Quintero hasta (Cei, 1962). Puerto Natales en la región de Magallanes y Antártica Chilena (Celis-Diez *et al.*, 2011) (Fig.2).



**Figura 2.** Mapa de la distribución de la especie *Batrachyla taeniata* en Chile representado en color naranja (Extraído de Celis-Diez *et al.*, 2011).



*Batrachyla taeniata* posee un amplio rango de hábitats, desde la estepa de *Acacia caven* hasta la selva valdiviana lluviosa, desde condiciones subtropicales a frías. El actual límite de distribución parece estar determinado por restricciones a los procesos reproductivos, impuestos por la precipitación en el norte y las temperaturas mínimas en el sur, estando asociada a sitios reproductivos como charcas poco profundas temporales o permanentes rodeados de pantanos (Úbeda *et al.*, 2008). Las poblaciones de la zona central de Chile, viven en bosques relictos de tamaño reducido, o bajo troncos en el bosque de *Nothofagus*. (Úbeda *et al.*, 2008). Los machos cantan bajo de los arbustos, los huevos son depositados entre las hojas caídas del bosque y las larvas son libres nadadoras, por lo que los individuos de esta especie pueden ser encontrados en zonas húmedas y sombrías, generalmente cercanas a cuerpos de aguas lénticas y con abundancia de vegetación como juncos y helechos (Rabanal *et al.*, 2009).

Los estudios de ecofisiología son un área que logra captar la atención de los investigadores, siendo los reptiles el grupo más abordado, dejando en segundo plano a los anfibios y peces debido a las dificultades que representa mantenerlos por sus características de alta dependencia de la humedad (Hutchison & Dupré, 1992).

En cuanto a *Batrachyla taeniata*, existe muy poca información sobre su conducta térmica, encontrándose sólo dos estudios en Chile sobre la temperatura corporal en condiciones de campo, Iturra-Cid y Ortiz (2010) utiliza una muestra de machos y hembras desde el sector de Las Quemadas, en la provincia de Llanquihue demostrando que *B. taeniata* es una especie termoconformista en condiciones de campo. Contreras (2016) que investiga el efecto de la temperatura de aclimatación sobre la conducta térmica de *Batrachyla taeniata* en una población de la región del Biobío, donde también se demuestra que la especie es termoconformista en condiciones de campo, además de ser euritérmica y poseer un alto rango de tolerancia térmica.

## **Diseño metodológico**

El diseño es de carácter experimental, debido a que los datos se obtuvieron de manera metódica y se manipularon de manera intencional. Se analizaron las relaciones entre una o más variables independientes y una o más variables dependientes, bajo una situación de control, centrado en la validez, el rigor y el control de la problemática de investigación (Hernández *et al.*, 2010).

La investigación contó con dos poblaciones de la especie *Batrachyla taeniata*, una proveniente de la sexta región Libertador General Bernardo O'Higgins, y otra, proveniente de la Octava región del Biobío.

## **Enfoque de la investigación**

El enfoque de esta investigación fue de carácter cuantitativo, puesto que se utilizó la recolección de datos de la especie que se obtuvo en el proceso investigativo de experimentación, esta etapa fue secuencial y probatoria, pues cada etapa procedió a la siguiente en orden riguroso. Además, a través de las preguntas de investigación se estableció un plan para probar la hipótesis y establecer variables, las cuales se midieron en un determinado contexto y luego fueron analizadas por métodos estadísticos, pudiendo establecer una serie de conclusiones con respecto a la hipótesis (Hernández *et al.*, 2010).

El alcance de la investigación fue de tipo descriptivo-correlacional. Descriptivo, ya que se estudiaron propiedades y características de la especie a través de variables (Hernández *et al.*, 2010), que en este caso fueron los parámetros térmicos. Además, fue de tipo Correlacional, porque se evaluó el grado de asociación entre la temperatura corporal y la del ambiente, así como también la vinculación entre los parámetros térmicos con la procedencia geográfica y temperatura de aclimatación de los individuos estudiados.

La dimensión temporal de esta investigación fue de naturaleza transversal o transeccional, ya que describió relaciones entre dos o más variables en un momento determinado (Hernández *et al.*, 2010), este proceso se realizó entre los meses de junio del 2018 hasta junio del 2019.

## **Definición y selección de la muestra**

La unidad de análisis aplicada competía a individuos adultos de la especie *Batrachyla taeniata*, cuya población correspondió a individuos de esta especie que habitan en el sector Ucúquer, región Libertador General Bernardo O'Higgins y en el sector Hualpén, región del Biobío.

Las colectas de las muestras se realizaron en el mes de mayo en la localidad de Ucuquer, con un total de 4 ejemplares adultos, y durante el mes de junio en la localidad de Hualpén, con un total de 12 ejemplares, ambas colectas realizadas en el año 2018.

La muestra correspondió a individuos de la especie *Batrachyla taeniata* en estadio adulto, los cuales fueron elegidos en forma no probabilística, ya que en este subgrupo de la población la elección no dependía de la probabilidad, sino de las características de la investigación (Hernández *et al.*, 2010), y en este estudio la muestra fue seleccionada de acuerdo a las disponibilidades en el terreno y cuerpo de agua.

### **Técnicas de recolección de información**

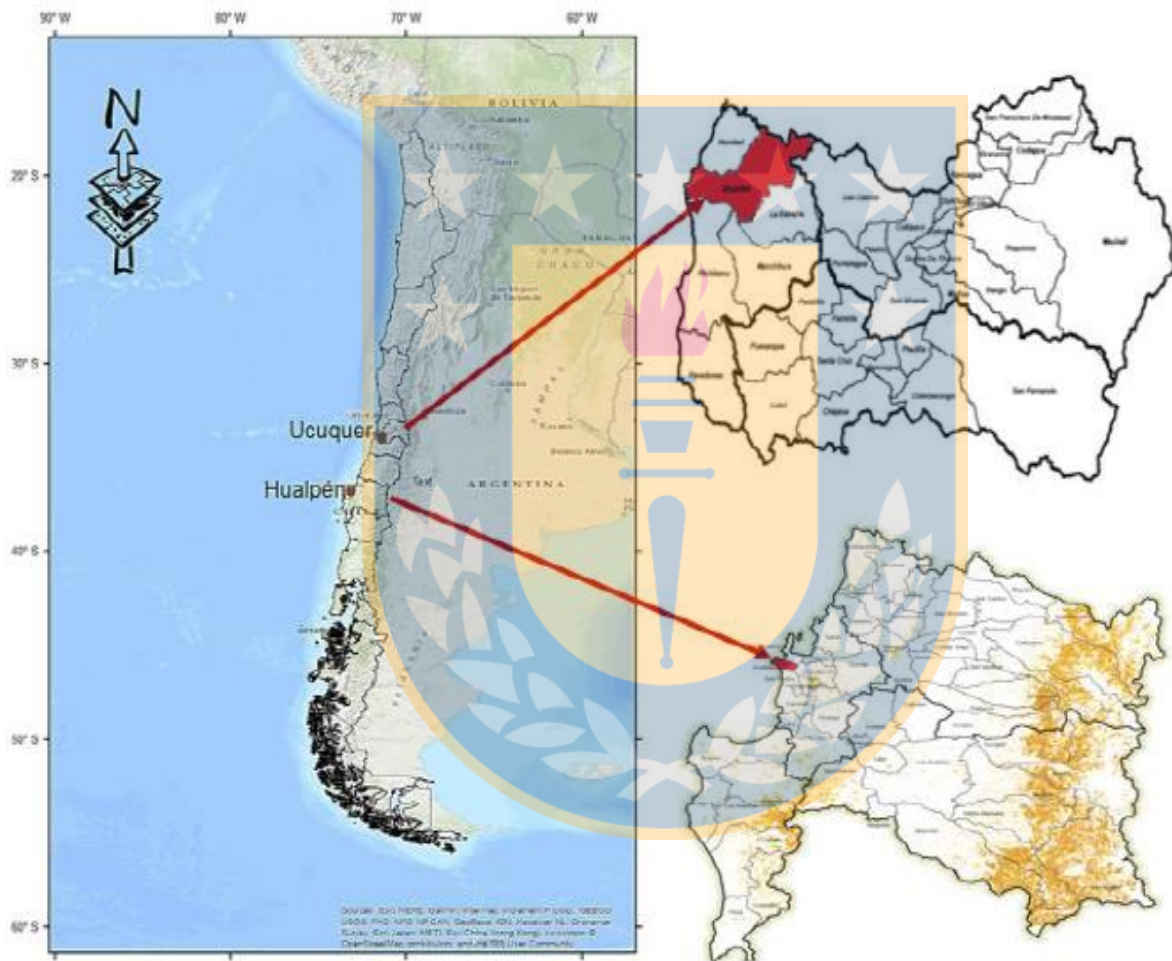
#### **Área de estudio y datos de campo**

Se realizaron salidas a terreno en localidades que abarcaran y representaran la distribución latitudinal de la especie. Los muestreos fueron efectuados durante la temporada de otoño, que corresponde al período reproductivo de la especie y se colectaron en lo posible un mínimo de 5 individuos adultos por localidad de acuerdo con el permiso SAG.

Una de las localidades visitadas, fue el sector Ucuquer (34°00'S; 71°40'O) (Fig.3), ubicado en la comuna de Litueche, 6° región Del Libertador General Bernardo O'Higgins. En esta área, el clima predominante corresponde al templado mediterráneo, el cual presenta variaciones por efecto de la topografía local. En la costa se presenta nuboso, mientras que hacia el interior, que es donde se ubica Ucuquer, debido a la sequedad presenta fuertes contrastes térmicos. Las precipitaciones son mayores en la costa y en la Cordillera de Los Andes, debido a que la Cordillera de la Costa dificulta la entrada de los sistemas frontales hacia el valle central. Por lo tanto, el clima templado mediterráneo cálido predomina en el sector de la Depresión Intermedia, un con una estación seca de seis meses y un invierno lluvioso. A medida que se asciende en altura hacia la Cordillera, las temperaturas descienden a bajo cero grado en los meses de invierno. Sobre los 3500 m de altura se pasa al clima frío de altura con predominio de nieves eternas (Inzunza, s.f.). Las condiciones climáticas y morfológicas permiten en la depresión intermedia el desarrollo de una vegetación arbustiva de espinos (CORFO, 2010).

La otra localidad visitada fue Hualpén, específicamente el Parque Pedro del Río Zañartu (36°40 y 36°50 Latitud Sur; y 73°15 y 73°05 Longitud Oeste) (Fig.3), ubicado en la 8° región del Biobío. Esta área desde el punto de vista climático, marca la transición entre los climas templados secos de la zona central de Chile y los climas templados lluviosos que

se desarrollan inmediatamente al sur del río Biobío (Inzunza, s.f.). El clima que predomina en el sector del Parque Pedro del Río Zañartu es del tipo templado costero húmedo, ya que se presenta en la franja costera y en los sectores altos y laderas occidentales de la Cordillera de la Costa, con una humedad constante, con precipitaciones que fluctúan entre 1200 mm y 2000 mm anuales de norte a sur de la región, además, presenta un período seco de cuatro meses (Inzunza, s.f.). Su vegetación incluye comunidades boscosas, donde entran en contacto especies del bosque esclerófilo con especies del bosque costero higrófilo (Polyméris, 1995).



**Figura 3.** Mapa de las áreas de captura de *Batrachyla taeniata* para los estudios de conducta térmica, marcadas en color rojo.

Los individuos encontrados en ambas localidades, fueron depositados en bolsas herméticas en el proceso de captura, y una vez finalizado este proceso, se cambiaron de

lugar a unas cajas individuales acondicionadas con agujeros y papel absorbente humedecido en el fondo, para mantener las condiciones de respiración y la humedad del sustrato respectivamente, este procedimiento fue llevado a cabo con la finalidad de evitar algún daño físico en el anfibio o la muerte de éste durante su traslado. El mismo día de captura fueron transportados hasta el laboratorio de Ecofisiología de Herpetozoos de la Universidad de Concepción, campus Los Ángeles.

### **Cautiverio, aclimatación y experimentación:**

Se mantuvieron en cautiverio depositados en acuarios individuales de 15cm de ancho x 30cm de largo y 20 de profundidad para ser mantenidos en cuarentena durante una semana a fin de evitar el contagio de agentes patológicos entre ellos, luego se mantuvieron en acuarios grupales de 40cm de ancho x 42cm de largo y 35cm de alto, a fin de disminuir el estrés, proveyendo cada acuario con condiciones similares a las de su hábitat, con corteza de árboles y hojarasca, además de conservar las condiciones adecuadas de humedad para evitar la deshidratación de los organismos, utilizando rociadores con una solución anti hongos y otra anti bacterial. Se aclimataron por un período mínimo de 2 semanas a 10°C en un régimen de fotoperiodo 10 horas luz y 14 horas oscuridad y luego de realizar la primera toma de datos se aclimataron por 2 semanas más a 20°C y se procedió a realizar la segunda toma de datos. Se alimentaron *ad libitum* día por medio principalmente con larvas de tenebrios (*Tenebrio molitor*) y con moscas de la fruta (*Drosophila melanogaster*).

### **Parámetros térmicos a evaluar:**

- 1. Temperatura Crítica máxima ( $TC_{m\acute{a}x}$ ):** Es la temperatura más alta que puede ser tolerada por un organismo. Para calcularla se utilizó el protocolo de Sanabria y Quiroga (2011), para el cálculo de  $TC_{m\acute{a}x}$ , el individuo debió estar a una temperatura constante similar a la temperatura encontrada en el ambiente (a partir de la temperatura de aclimatación correspondiente), se ubicaron dentro de un vaso precipitado de 2000 ml con papel filtro humedecido, donde posteriormente el vaso con el individuo se fijó dentro de un baño termostático Arquimed YCW-01 registrándose la temperatura del dorso con termómetro láser cada 30 segundos. La temperatura al interior del baño termostático aumentó aproximadamente 1°C cada 30 segundos (Fig.11).
- 2. Temperatura Crítica mínima ( $TC_{m\acute{i}n}$ ):** Es la temperatura del cuerpo más baja que puede ser tolerada por un organismo. Para determinarla, el individuo debió estar a temperatura ambiente (a partir de la temperatura de aclimatación correspondiente de

10°C o 20°C), y junto con el vaso precipitado se ubicó en el interior de un congelador registrando la temperatura corporal y la temperatura del sustrato cada 2 minutos (Fig.12).

La fase experimental duró hasta que el individuo perdió el reflejo de voltearse, correspondiendo ese momento, a la última temperatura corporal que se registró, la cual será la  $TC_{m\acute{a}x}$  y  $TC_{m\acute{i}n}$  respectivamente (Brooks & Sassman, 1965; Labra *et al.*, 2001).

**3. Rango de Tolerancia Térmica:** Es el rango de temperaturas delimitado por la  $TC_{m\acute{i}n}$  y  $TC_{m\acute{a}x}$  que pueden ser toleradas por un organismo (Cowles *et al.*, 1944). Se calculó como la diferencia entre la  $TC_{m\acute{a}x}$  y  $TC_{m\acute{i}n}$  ( $RTT=TC_{m\acute{a}x}-TC_{m\acute{i}n}$ ) (Fig.13).

**4. Tasa de calentamiento (Tcal):** Corresponde al tiempo que los individuos necesitan para calentarse de 10°C a 20°C (Vences *et al.*, 2002). Para ello se utilizó un baño termostático a una temperatura constante aproximadamente de 43°C y se ubicó al espécimen dentro de un vaso precipitado que contenía papel filtro humedecido. Se registró la temperatura corporal del dorso mediante termómetro láser cada 30 segundos hasta que alcanzó la temperatura de 20°C (Fig.14).

**5. Tasa de enfriamiento (Tenf):** Es el tiempo que un organismo necesita para enfriarse desde 20°C a 10°C (Vences *et al.*, 2002). Luego de realizar la experiencia anterior, se procedió a ubicar al individuo junto con el vaso precipitado en la parte no congelante de un refrigerador a temperatura constante aproximadamente de 8°C. Se registró la temperatura corporal cada 2 minutos mediante termómetro láser hasta que ésta descendió a 10°C (Fig.15).

Posteriormente, las tasas de calentamiento y enfriamiento se transformaron en constantes de tiempo térmicas ( $\tau = \tau$ ). Éstas, fueron derivadas de la pendiente de la gráfica del  $\ln(T_c - T_a)$  como función del tiempo, donde  $T_c$  es la temperatura corporal,  $T_a$  la temperatura del ambiente ( $T_a$  (Tcal): 43°C;  $T_a$  (Tenfr): 8 ° C) y  $b = -0,4343 / \tau$  (Cossins & Bowler, 1987). De ahora en adelante, se utiliza el término Constantes de tiempo térmico para el calentamiento y enfriamiento respectivamente, utilizando dichos valores para el análisis de los resultados.

**6. Temperatura Seleccionada ( $T_{sel}$ ):** Es un rango de temperaturas más restringido, que se determinó en un gradiente de temperatura artificial en el laboratorio (Fig.4), donde

los anfibios no tenían restricciones para termorregular y su promedio fue propuesto como la temperatura óptima de funcionamiento (Labra & Vidal, 2003). Para determinarla se utilizó un gradiente térmico a partir de una estructura de metal termo-sellada de 195cm de largo, por 60cm de ancho y 56cm de alto dividido en cuatro carriles de 15cm aproximadamente separados por una malla metálica que permitía el flujo de calor de forma homogénea entre los diferentes carriles. La superficie consistió en una base de material de acrílico transparente y sobre él se cubrió con gravilla. Bajo esta superficie se colocó un sistema de humedad, mediante la conexión de dos recipientes plásticos grandes con agua para evitar la deshidratación de los individuos. La tapa del gradiente consistió en una superficie de material de acrílico transparente, para evitar que el calor se disipara fuera del sistema. Además, bajo esta cubierta se instaló un sistema de fotoperiodo a fin de mantener las condiciones instauradas en el cautiverio. Para establecer el gradiente térmico, se calentó un extremo del gradiente con un ventilador eléctrico y se enfrió el otro extremo con una bomba de refrigeración. El rango promedio de temperaturas del sistema comprenderá aproximadamente desde los 15°C hasta los 45°C de acuerdo a estudios previos realizados. La toma de datos se realizó simultáneamente para cuatro individuos, uno en cada carril. Los animales se colocaron en el centro de cada carril a las 13.00 horas y luego de cinco horas se registró la  $T_{sel}$  de cada uno. Este mismo procedimiento se repitió a las siete y ocho horas de haber iniciado el experimento, lo que correspondió a la  $T_{sel}$  inicial,  $T_{sel}$  media y  $T_{sel}$  final, respectivamente. La media de esos tres valores correspondió a la  $T_{sel}$  de los organismos (Castañeda *et al.*, 2004). Además, se determinaron las modas para cada localidad a ambas temperaturas de aclimatación para identificar las temperaturas y rangos más seleccionados (Fig.16).



**Figura 4.** Gradiente térmico experimental (Extraído de Alveal, 2015).

#### **Plan de análisis**

#### **Análisis estadístico:**

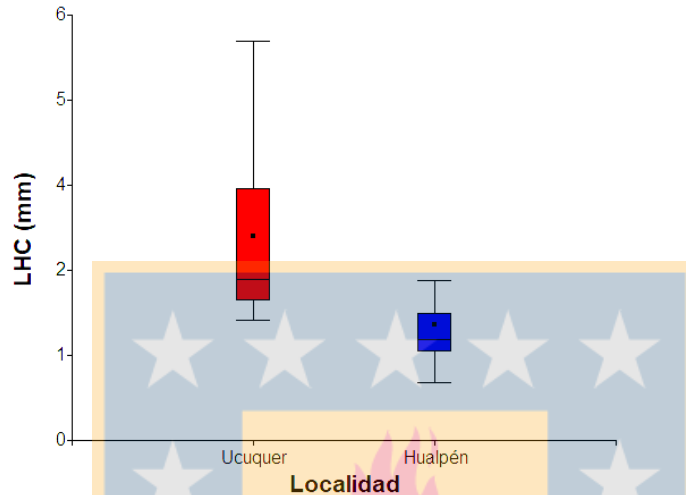
Para el análisis de los datos térmicos obtenidos en laboratorio, se utilizó el software estadístico InfoStat/E versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012), en el cual se realizaron análisis estadísticos no paramétricos como el test de Kruskal Wallis para observar diferencias significativas de la procedencia geográfica con los distintos parámetros térmicos, y test de Wilcoxon para determinar un posible efecto de la temperatura de aclimatación sobre dichos parámetros. También se efectuó un análisis paramétrico de regresión lineal con el software Excel para establecer la relación entre la temperatura corporal con la temperatura del ambiente (Hernández *et al.*, 2010).



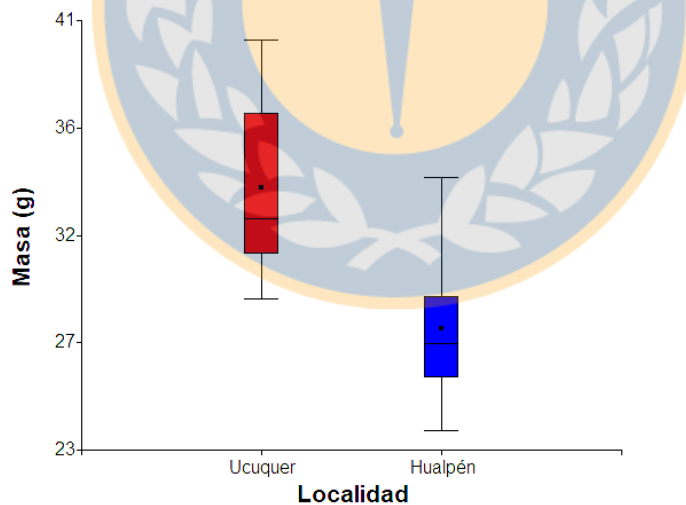
## Resultados

### Tamaño y masa corporal

Los individuos analizados presentaron variación en tamaño (longitud hocico - cloaca) (Fig.5) y masa corporal (Fig.6), donde fueron significativamente mayor los de la localidad de Ucuquer (Anexo 1 y 2).



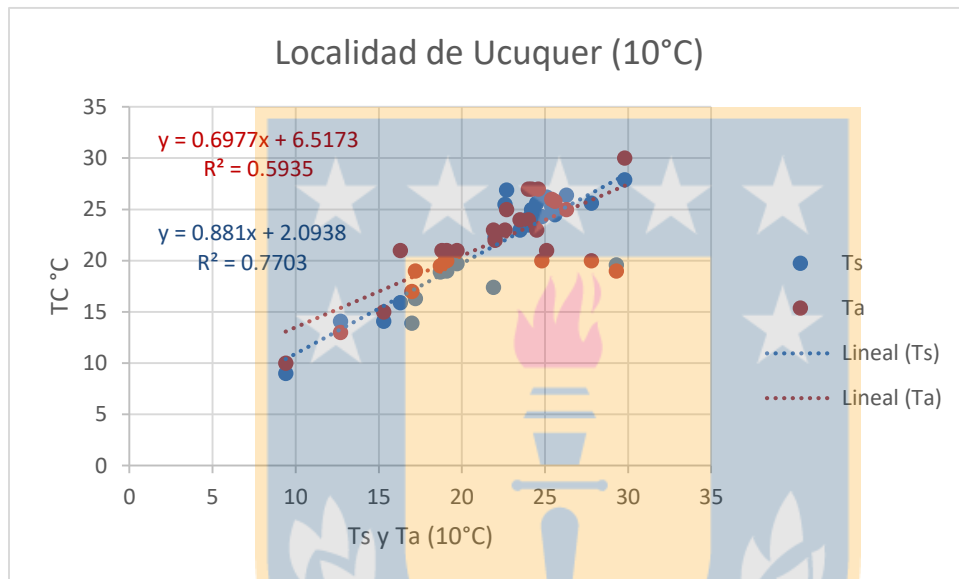
**Figura 5.** Tamaño corporal (LHC) de *Batrachyla taeniata* de las localidades de Ucuquer y Hualpén.



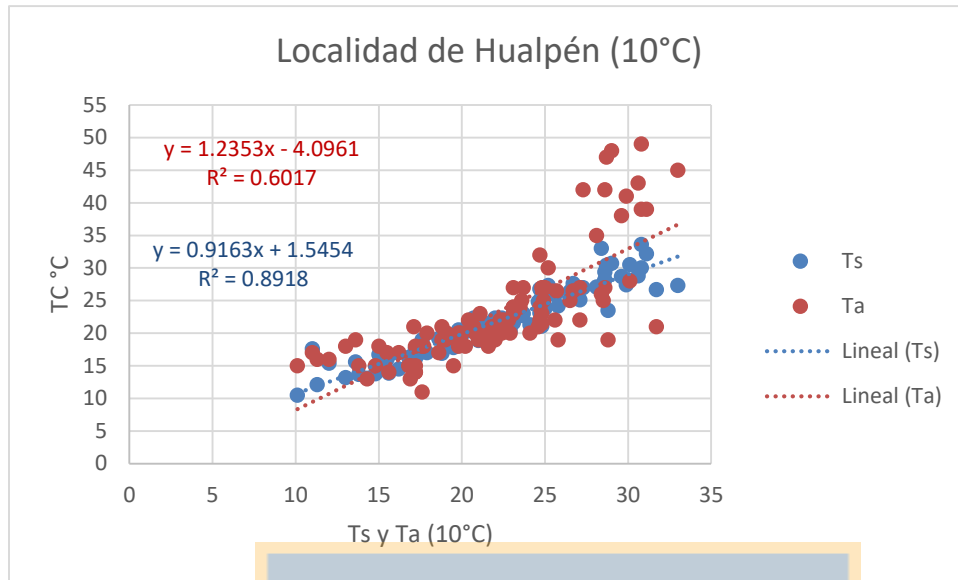
**Figura 6.** Masa corporal de *Batrachyla taeniata* de las localidades de Ucuquer y Hualpén.

### Termorregulación en condiciones de laboratorio

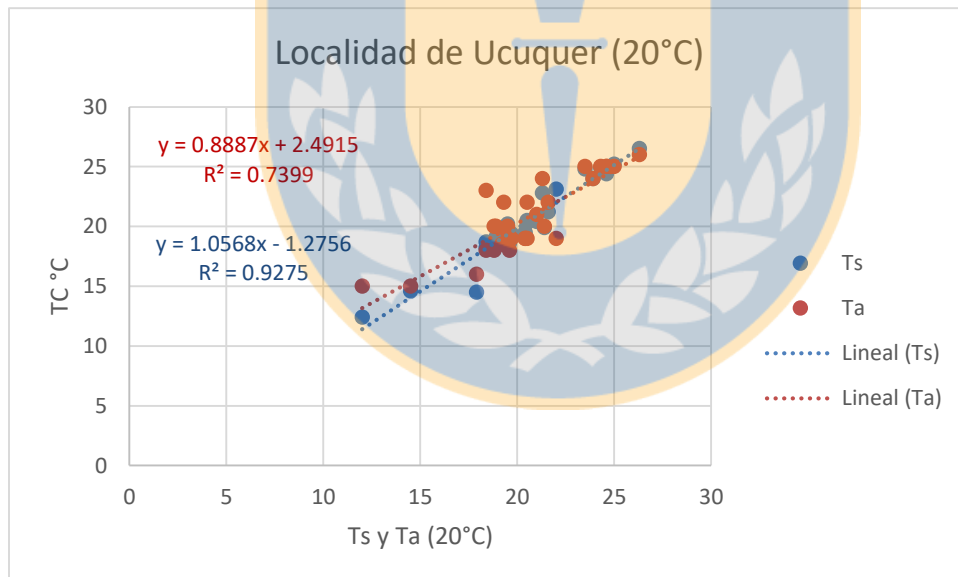
De acuerdo a los siguientes gráficos (Fig.7, 8, 9 y 10), se puede establecer que los individuos de la especie *Batrachyla taeniata* tanto de la localidad de Ucuquer como Hualpén, estando aclimatados tanto a 10°C como a 20°C, presentaron un comportamiento termoconformista, ya que su temperatura corporal (Tc) dependió de la temperatura del ambiente, además, su Tc se correlacionó alta y positivamente con la temperatura del sustrato (Ts) y en menor grado con la temperatura del aire (Ta) (Anexo 6).



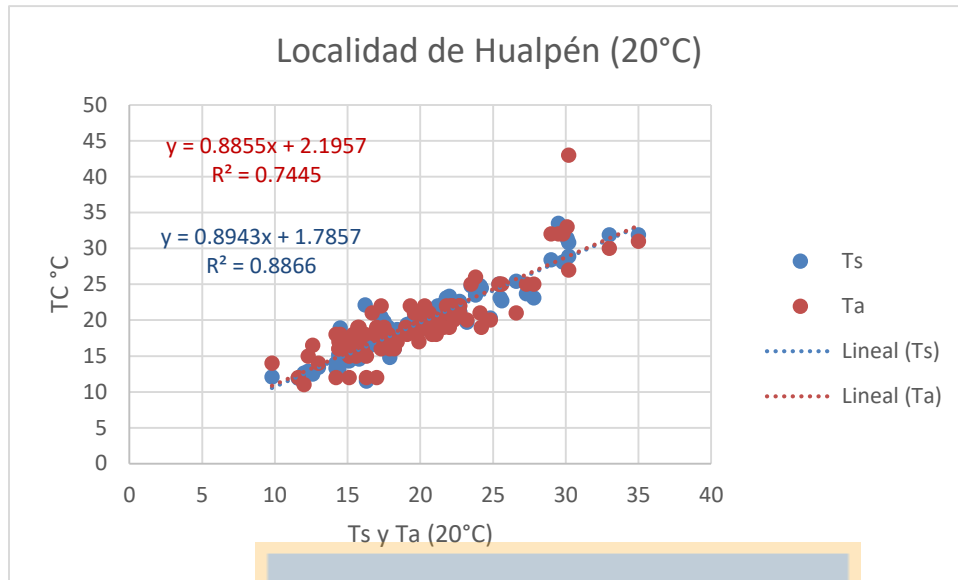
**Figura 7.** Relación entre la temperatura corporal con la temperatura del ambiente de los individuos de Ucuquer aclimatados a 10°C. Se indica la pendiente de regresión lineal entre Tc y Ts en color azul y la pendiente de regresión lineal entre Tc y Ta en color rojo.



**Figura 8.** Relación entre la temperatura corporal con la temperatura del ambiente de los individuos de Hualpén aclimatados a 10°C. Se indica la pendiente de regresión lineal entre Tc y Ts en color azul y la pendiente de regresión lineal entre Tc y Ta en color rojo.



**Figura 9.** Relación entre la temperatura corporal con la temperatura del ambiente de los individuos de Ucuquer aclimatados a 20°C. Se indica la pendiente de regresión lineal entre Tc y Ts en color azul y la pendiente de regresión lineal entre Tc y Ta en color rojo.



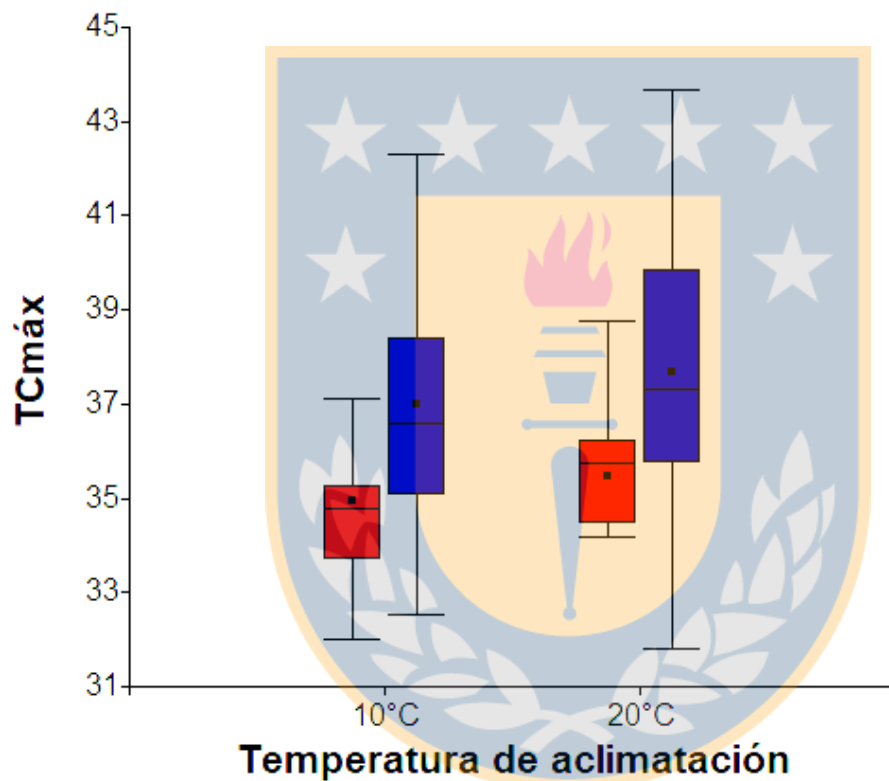
**Figura 10.** Relación entre la temperatura corporal con la temperatura del ambiente de los individuos de Hualpén aclimatados a 20°C. Se indica la pendiente de regresión lineal entre Tc y Ts en color azul y la pendiente de regresión lineal entre Tc y Ta en color rojo.



### Temperatura Crítica Máxima (TC<sub>máx</sub>)

Las temperaturas críticas máximas (TC<sub>máx</sub>) promedio, muestran que los individuos de la localidad de Hualpén presentaron mayor variación en la TC<sub>máx</sub> en ambas temperaturas de aclimatación, a 10°C presentaron valores de  $36,65 \pm 2,48^\circ\text{C}$  y a 20°C de  $37,58 \pm 2,86^\circ\text{C}$ , a diferencia de los individuos de la localidad de Ucuquer, que a 10°C su media fue de  $34,79 \pm 1,79^\circ\text{C}$  y a 20°C de  $35,32 \pm 2,09^\circ\text{C}$  (Anexo 3) (Fig. 11).

En este parámetro térmico influyó la procedencia geográfica, más no la temperatura de aclimatación (Anexo 4 y 5).

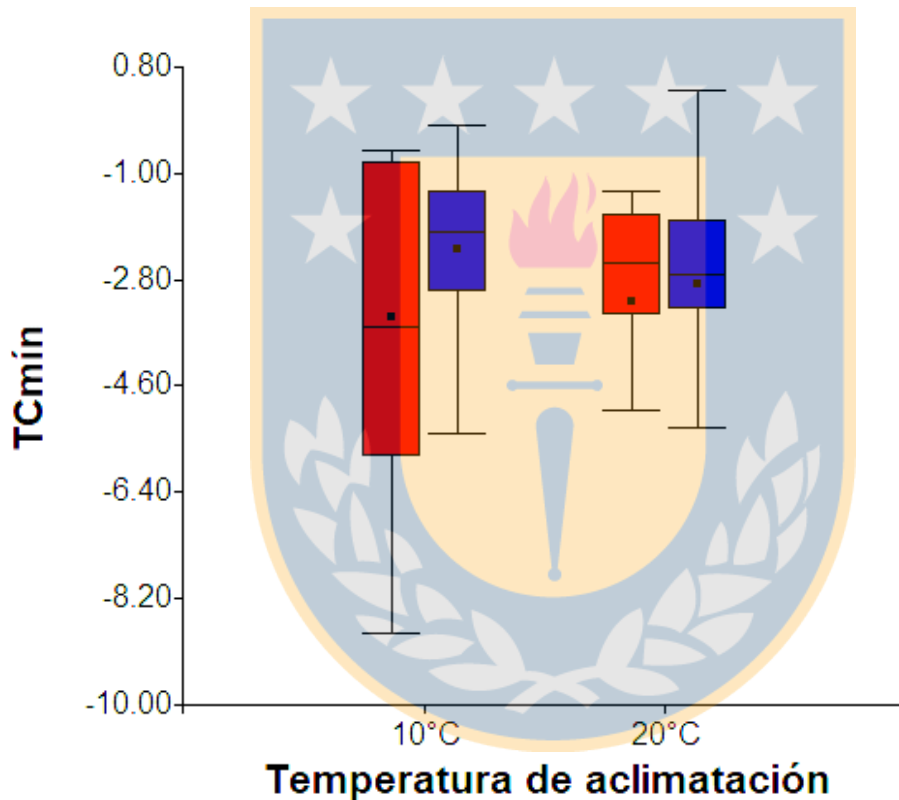


**Figura 11.** Gráfico de cajas de las TC<sub>máx</sub> de individuos de la especie *Batrachyla taeniata* (localidad de Ucuquer en color rojo y localidad de Hualpén en color azul) durante la aclimatación a 10°C y 20°C.

### Temperatura Crítica Mínima ( $TC_{\min}$ )

Las temperaturas críticas mínimas ( $TC_{\min}$ ) promedio muestran que los individuos de ambas localidades, tanto Ucuquer como Hualpén, estando aclimatados tanto a 10°C como 20°C, presentaron temperaturas mínimas similares, Ucuquer a 10°C presentó una media de  $-3,43 \pm 2,70^{\circ}\text{C}$  y a 20°C de  $-2,30 \pm 1,72^{\circ}\text{C}$ , mientras que los individuos de la localidad de Hualpén, a 10°C tuvieron una media de  $-2,70 \pm 1,47^{\circ}\text{C}$  y a 20°C de  $-2,86 \pm 1,86^{\circ}\text{C}$  (Anexo 3) (Fig.12).

En este parámetro térmico no influyó la procedencia geográfica ni la temperatura de aclimatación (Anexo 4 y 5).



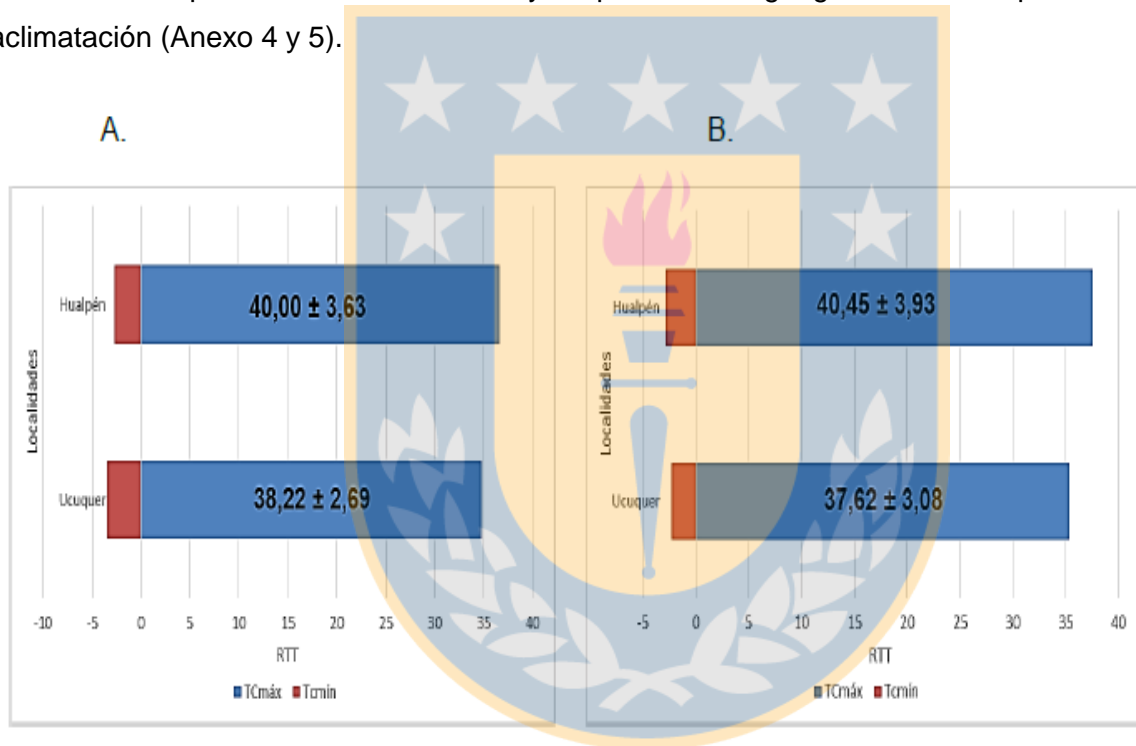
**Figura 12.** Gráfico de cajas de las  $TC_{\min}$  de individuos de la especie *Batrachyla taeniata* (localidad de Ucuquer en color rojo y localidad de Hualpén en color azul) durante la aclimatación a 10°C y 20°C.

### Rango de Tolerancias Térmicas (RTT)

Los resultados de este estudio revelan que a partir de los parámetros térmicos TCmáx y TCmín, el RTT de la especie para cada localidad en estudio fue muy amplio y se ubicó sobre los 37°C (Anexo 3).

Esto demuestra que la especie posee una gran capacidad para tolerar temperaturas altas, donde el RTT promedio a una aclimatación de 10°C para la localidad de Ucuquer fue de  $38,22 \pm 2,69^\circ\text{C}$  y para Hualpén fue de  $40,00 \pm 3,63^\circ\text{C}$ . Mientras que a una aclimatación de 20°C, el promedio para Ucuquer fue de  $37,62 \pm 3,08^\circ\text{C}$  y para Hualpén fue de  $40,45 \pm 3,93^\circ\text{C}$  (Fig.13).

En este parámetro térmico no influyó la procedencia geográfica ni la temperatura de aclimatación (Anexo 4 y 5).

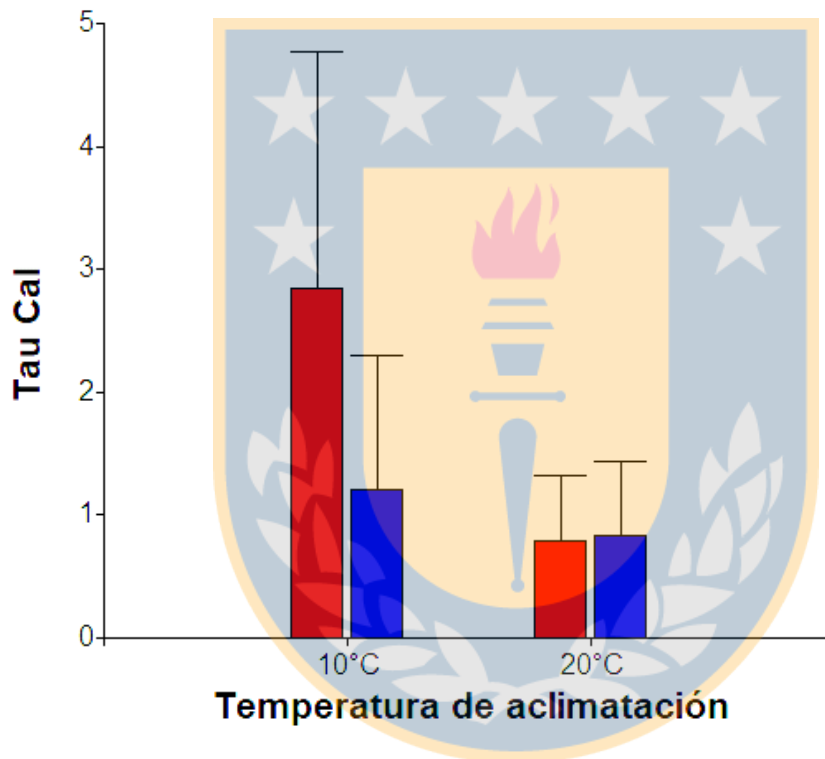


**Figura 13.** Rango de Tolerancias Térmicas (RTT) de *Batrachyla taeniata* de las localidades de Ucuquer y Hualpén. En A: aclimatación a 10°C y B: aclimatación a 20°C.

### Constantes de tiempo térmico

En relación a la  $\tau_{cal}$  (Fig.14), a una aclimatación de 10°C, la localidad de Hualpén presentó una media menor de  $1,04 \pm 1,20\tau/\text{min}$ , lo que significa que los individuos de esta localidad se calentaron más rápido que los individuos de la localidad de Ucuquer, los cuales presentaron una media mayor de  $2,84 \pm 2,12\tau/\text{min}$  (Anexo 3).

La procedencia geográfica influyó sobre este parámetro térmico a una aclimatación de 10°C, y además, hubo efecto de la temperatura de aclimatación sobre este parámetro (Anexo 4 y 5).

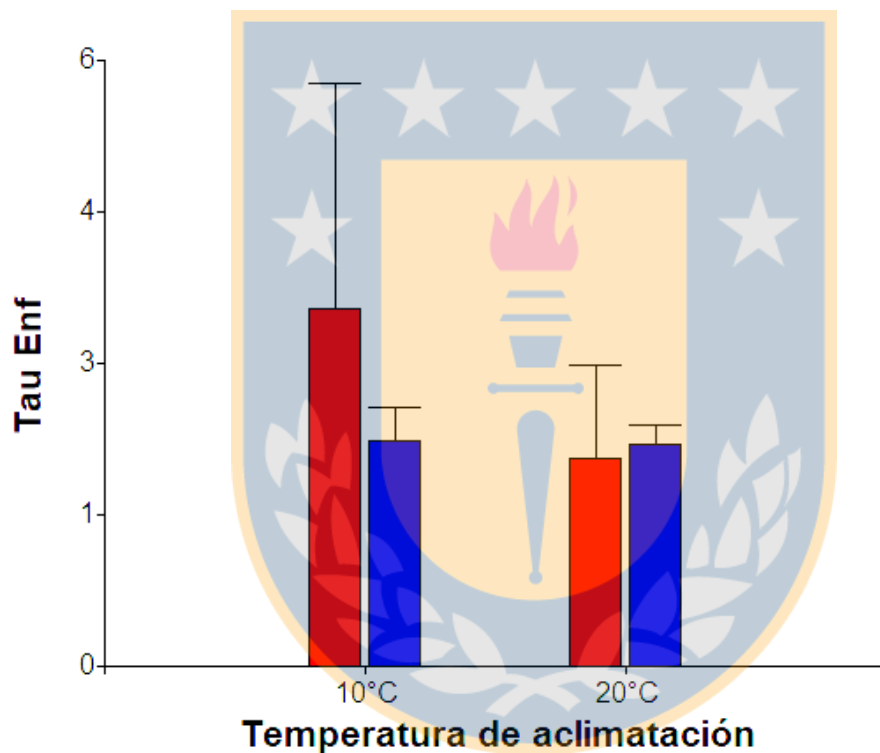


**Figura 14.** Gráfico de barras de las  $\tau_{cal}$  de individuos de la especie *Batrachyla taeniata* (localidad de Ucuquer en color rojo y localidad de Hualpén en color azul) durante la aclimatación a 10°C y 20°C.



Respecto a las  $\tau_{enf}$ , los resultados (Fig.15), al igual que con las  $\tau_{cal}$ , indican que a una aclimatación de 10°C, los individuos de la localidad de Hualpén se enfrían más rápido, presentando una media de  $2,11 \pm 1,84\tau/min$ , en comparación a los individuos de la localidad de Ucuquer, los cuales presentan valores mayores, con una media de  $3,33 \pm 2,10\tau/min$ , por lo que necesitan mayor cantidad de tiempo para enfriarse (Anexo 3).

En este parámetro térmico también influyó la procedencia geográfica sólo a una aclimatación de 10°C, más no hubo efecto de la temperatura de aclimatación sobre este parámetro (Anexo 4 y 5).

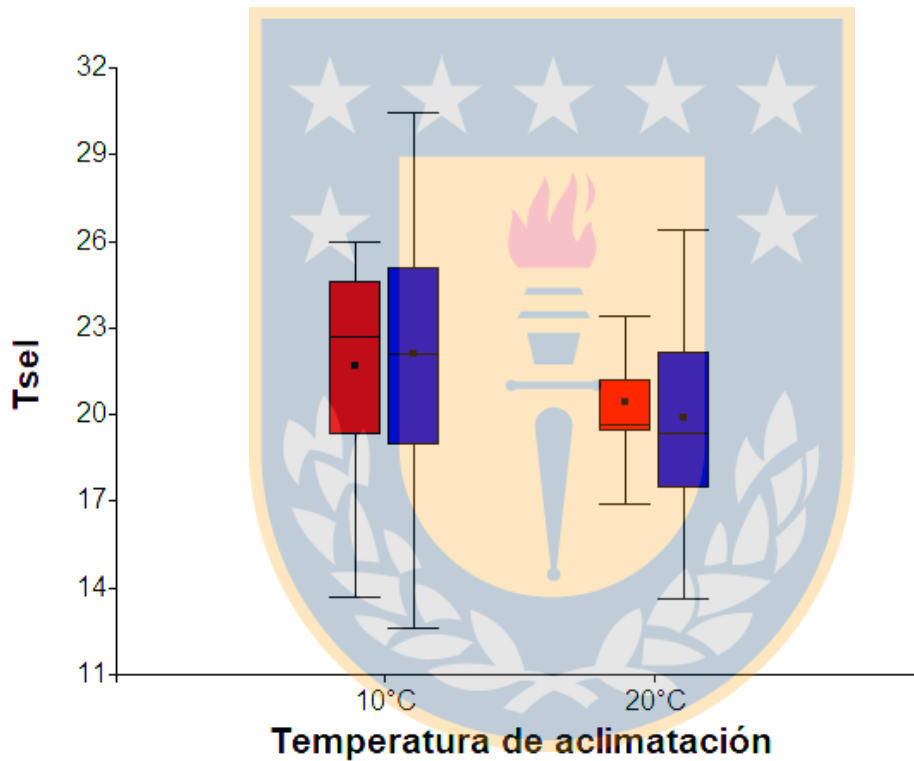


**Figura 15.** Gráfico de barras de las  $\tau_{enf}$  de individuos de la especie *Batrachyla taeniata* (localidad de Ucuquer en color rojo y localidad de Hualpén en color azul) durante la aclimatación a 10°C y 20°C.

### Temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ )

Las temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ) promedio, muestran que los individuos de ambas localidades, Ucuquer y Hualpén, estando aclimatados tanto a 10 como 20°C, seleccionaron temperaturas similares, Ucuquer a 10°C presentó una media de  $21,68 \pm 3,78^\circ\text{C}$  y a 20°C de  $20,40 \pm 2,63^\circ\text{C}$ , mientras que los individuos de la localidad de Hualpén, a 10°C tuvieron una media de  $22,07 \pm 4,73^\circ\text{C}$  y a 20°C de  $19,91 \pm 3,57^\circ\text{C}$  (Fig.16) (Anexo 3).

Para este parámetro térmico no influyó la procedencia geográfica, más si hubo efecto de la temperatura de aclimatación en la localidad de Hualpén (Anexo 4 y 5).



**Figura 16.** Gráfico de cajas de  $T_{sel}$  de individuos de la especie *Batrachyla taeniata* (localidad de Ucuquer en color rojo y localidad de Hualpén en color azul) durante la aclimatación a 10°C y 20°C.

## Discusión

En el presente estudio, se muestra a una especie susceptible al cambio climático, debido a su amplio rango de distribución geográfica (Celis-Diez *et al.*, 2011), y al efecto dispar que tiene el cambio climático sobre el territorio en el que habita (Falvey & Garreaud, 2009), por lo tanto, al estudiar la conducta térmica de ésta, y vincularla con su procedencia geográfica y nivel de aclimatación, podría dar indicios de cómo responde frente a un escenario de cambio climático (Southward *et al.*, 1995; Pearson & Dawson, 2003; Gilman *et al.*, 2006), ya que los factores climáticos determinan sus patrones de actividad, crecimiento y reproducción (Deutsch *et al.*, 2008, Angilletta 2009).

En esta investigación, se ha reforzado la idea que *Batrachyla taeniata* es un anfibio que presenta una conducta termoconformista, principalmente tigmotérmica, ya que el intercambio de energía térmica lo realiza principalmente por conducción desde el sustrato (Iturra-Cid & Ortiz, 2010; Contreras, 2016). Además, esta conducta ha sido generalizada a otras especies de anfibios (Castañeda *et al.*, 2004; Vidal *et al.*, 2008), algunas de ellas presentes en Chile, tales como *Pleurodema thaul* (Iturra-Cid & Ortiz, 2010; Salinas, 2017), *Rhinella spinulosa* (Sinsch, 1989; Lambrinos & Kleier, 2003; Alveal, 2015) y *Calyptocephalella gayi* (Nova, 2010). Cabe señalar, que esta conducta se mantuvo, independientemente de la temperatura de aclimatación a la cual fueron sometidos los individuos de la especie *Batrachyla taeniata* de ambas localidades, por lo que se podría decir, que la especie estuvo respondiendo a los cambios de temperatura ambiental a través de los procesos de plasticidad fenotípica y adaptación local, para evitar efectos en su desempeño (Iturra-Cid & Ortiz, 2010).

En cuanto a las constantes de tiempo térmico ( $\tau_{cal}$  y  $\tau_{enf}$ ), se puede señalar, que a una aclimatación de 10°C, los individuos de la localidad de Hualpén se calientan y enfrían más rápido que los individuos de la localidad de Ucuquer, lo que podría indicar que alcanzan una temperatura corporal óptima antes que los individuos de Ucuquer (Christian & Tracy, 1983; Tracy *et al.*, 1992). En este caso, esto podría deberse a que los individuos de la localidad de Hualpén presentan un tamaño y una masa menor que los individuos de la localidad de Ucuquer, y como las constantes de tiempo térmico son dependiente del tamaño del cuerpo y área de superficie de los anfibios (Hillman *et al.*, 2009), los individuos de la localidad de Ucuquer, que son más grandes tienen una mayor inercia térmica o resistencia a los cambios de temperatura (Finke, 2003), por lo que se calientan y enfrían más lento que los individuos de Hualpén por poseer una tasa de calentamiento y enfriamiento mayor.

Además, los individuos de Hualpén, al ser más pequeños tienen mayor exposición de área superficie a las variaciones de temperatura (Finke, 2003), y como se mencionó anteriormente, la especie tiende a regular su temperatura de manera tigmotérmica (Iturra-Cid & Ortiz, 2010; Contreras, 2016). Otro hecho significativo, es que a una aclimatación de 10°C hubo un efecto de la procedencia geográfica sobre estos dos parámetros térmicos ( $\tau_{cal}$  y  $\tau_{enf}$ ), puesto que Hualpén está ubicado en la transición entre la vegetación esclerófila mediterránea y el bosque lluvioso templado del sur de Chile (Oberdorfer, 1960; Fuenzalida, 1965; Gajardo, 1994), que está determinado por una variación en los regímenes pluviométricos con aumento de las precipitaciones de norte a sur y una disminución de las temperaturas estivales (Di Castri & Hajek, 1976), por lo tanto, esta población está sometida a temperaturas ambientales menores y en un lugar cerrado que mantiene las condiciones de humedad y una temperatura más homogénea. En cambio, la población de Ucuquer, habita en un lugar abierto, en el cual el clima predominante corresponde al templado mediterráneo, que presenta variaciones por efecto de la topografía local con una estación seca de seis meses y un invierno lluvioso (Inzunza, s.f.). Es importante destacar, que hubo un efecto de la temperatura de aclimatación tanto para Ucuquer como para Hualpén en el parámetro térmico  $\tau_{cal}$ , lo cual podría demostrar que este es un rasgo más plástico para la especie, ya que los anfibios tienen una alta plasticidad en cuanto a la temperatura corporal, lo que les permite moverse entre extremos de gradientes térmicos, aumentando su resistencia al calentamiento (Braststrom & Lawrence, 1962), motivo por el cual se podrían haber calentado más rápido a una aclimatación mayor.

En relación a la tolerancia térmica de esta especie, se puede señalar que los individuos poseen un amplio rango de tolerancia térmica (RTT), siendo mayor a 37°C en la localidad de Ucuquer, y mayor a 40°C en la localidad de Hualpén, demostrando que *Batrachyla taeniata* es una especie euritérmica (Moyes & Schulte, 2007), cabe destacar, que a pesar de que esta especie posee un tamaño reducido, puede soportar temperaturas altas superiores a 34°C y temperaturas bajo los -3°C (Contreras, 2016). De acuerdo a estos valores, se puede decir que la especie soporta cambios importantes en las condiciones de temperaturas ambientales (Moyes & Schulte, 2007), además de explicar la razón de que se presente en un amplio rango de distribución geográfica, ya que, como se había mencionado anteriormente, ésta especie se encuentra distribuida desde la provincia de Aconcagua en la Región de Valparaíso hasta la Región de Magallanes y La Antártica Chilena (Celis-Diez *et al.*, 2011).

En cuanto a la  $TC_{m\acute{a}x}$ , el test de Wilcoxon indica la ausencia de un efecto de la temperatura de aclimataci3n sobre este parámetro t3rmico, lo cual no coincide con la literatura, ya que seg3n Hutchinson (1961) y Hutchinson & Ferrance (1970), la  $TC_{m\acute{a}x}$  es influenciada por la temperatura de aclimataci3n, identificando este patr3n en distintas especies de anfibios, anuros y salamandras. Sin embargo, la procedencia geogr3fica influy3 en este parámetro t3rmico, ya que los individuos de la localidad de Ucuquer alcanzaron valores significativamente menores en comparaci3n a los individuos de la localidad de Hualp3n, quienes obtuvieron valores m3ximos mucho m3s altos, tanto a una aclimataci3n de 10°C como de 20°C. Seg3n Hillman *et al.*, (2009), se observa que los organismos de h3bitats m3s c3lidos presentan una mayor tolerancia a altas temperaturas, sin embargo, los datos obtenidos en esta investigaci3n no coinciden con esta descripci3n, ya que los individuos de la localidad de Ucuquer son quienes provienen de una zona m3s c3lida (Di Castri, 1976) y pese a esto, obtuvieron valores de  $TC_{m\acute{a}x}$  menores, por otra parte, los individuos de la localidad de Hualp3n pertenecen a una regi3n de menores temperaturas ambientales (Di Castri, 1976), y fueron los que obtuvieron valores de  $TC_{m\acute{a}x}$  mayores. Esta situaci3n podr3a deberse a que los individuos de Hualp3n habitan un ambiente con condiciones m3s homog3neas durante el a3o a diferencia de los individuos de Ucuquer, quienes viven en un ambiente heterog3neo, con una estaci3n seca de seis meses y un invierno lluvioso (Inzunza, s.f.).

Por otra parte, podemos comparar los valores de  $TC_{m\acute{a}x}$  con otros estudios, mientras que para este estudio la media para los individuos de la localidad de Ucuquer fue de  $34,79\pm 1,79^{\circ}C$  y para los de Hualp3n fue de  $36,65\pm 2,48^{\circ}C$ , Contreras (2016), obtuvo para la misma especie, ubicados en Hualp3n, una media de  $34,96^{\circ}C$ , coincidiendo con la media de Ucuquer, m3s no con la media de Hualp3n del presente estudio. Sin embargo, las temperaturas medias de ambos estudios se asemejan bastante, por lo tanto, los datos de este estudio concuerdan con el estudio que hizo Contreras (2016), quien propuso que la especie *Batrachyla taeniata* tolera temperaturas por sobre los  $34^{\circ}C$ .

Ahora, trat3ndose del parámetro t3rmico  $TC_{m\acute{i}n}$ , Hillman *et al.*, (2009), reconoce que los individuos provenientes de h3bitats m3s fr3os, en general, presentan menores  $TC_{m\acute{i}n}$  pudiendo estar activos a temperaturas m3s bajas, teniendo en cuenta que, Ucuquer pertenece a un tipo de clima templado mediterr3neo, que posee una disminuci3n progresiva de la humedad relativa debido a la sequ3a y al decrecimiento de precipitaciones (Di Castri, 1976), se esperaba que alcanzaran temperaturas m3nimas m3s bajas, ya que los individuos

de la localidad de Hualpén, conviven con temperaturas ambientales menores y presentan un clima también mediterráneo, pero con influencias marítimas, lo que produce que haya mayor humedad, mayores precipitaciones y menores temperaturas ambientales (Di Castri, 1976) que en la localidad de Ucuquer, sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas entre ambas localidades. Las  $TC_{min}$  medias que se obtuvieron fueron de -3,43 y -2,70 para Ucuquer y Hualpén respectivamente, medias que fueron bastante similares a las que obtuvo Contreras 2016, de -3,17.

La disponibilidad de recursos térmicos en el ambiente, permiten a los anfibios poder seleccionar aquellos considerados óptimos para su funcionamiento (Huey, 1982), sobre todo cuando la humedad relativa no es un recurso limitante (Tracy, 1976). De este modo, cuando se someten experimentalmente a un gradiente térmico se hace posible identificar los ambientes que presenten temperaturas idóneas para su distribución geográfica, ya que en los anfibios, la temperatura ambiental es un factor crítico para sus procesos fisiológicos (Angilletta *et al.*, 2002), y permite entender que al seleccionar microclimas particulares dentro de un entorno espacial y temporalmente heterogéneo, puede ayudarlos a regular su temperatura corporal de forma conductual y amortiguar los efectos negativos de la temperatura en el rendimiento fisiológico e interacciones ecológicas (Huey, 1991) y a su vez, puede ser una amenaza potencial para su supervivencia (Angilletta *et al.*, 2002).

La temperatura que mayormente fue seleccionada por ambas poblaciones de *B. taeniata* en conjunto en este estudio, se centró en los 21°C. Se evidenció un efecto de la temperatura de aclimatación sobre este parámetro térmico en la localidad de Hualpén, donde la  $T_{sel}$  fue menor a una temperatura de aclimatación mayor. Lo anterior no coincide con lo descrito previamente en la literatura, ya que es esperable que a mayor temperatura de aclimatación los animales tiendan a preferir temperaturas ambientales más altas. (Labra *et al.*, 2008; Iturra-Cid, 2010). Sin embargo, en otras especies de anfibios se ha registrado que esta relación se mantiene sólo si la temperatura de aclimatación es menor a los óptimos térmicos del animal (Lillywhite, 1971, Hutchinson & Hill, 1977). Situación que también se presentó en la especie *R. spinulosa* en el estudio de Alveal (2015).

Estos datos dan a entender que los individuos de *B. taeniata* de la localidad de Hualpén, respondieron conductualmente en relación a sus requerimientos térmicos, al estar sometidos durante un gran período de tiempo a bajas temperaturas debido a la aclimatación, seleccionaron aquella temperatura cercana a la considerada óptima para su funcionamiento metabólico de procesos fisiológicos como la digestión, la natación,

rendimiento, locomoción, etc. (Navas *et al.*, 2008; Wells, 2007). Cabe destacar que el rango seleccionado por los individuos de ambas localidades fue amplio, con valores desde los 12,63°C hasta los 30,43°C, y se podría asemejar a las variantes temperaturas ambientales en las que está descrito que habita esta especie, es decir, desde la Región de Valparaíso hasta la Región de Magallanes y La Antártica Chilena (Celis-Diez *et al.*, 2011).



## Conclusiones

- *Batrachyla taeniata* presenta un comportamiento termoconformista en condiciones de laboratorio y obtiene la energía térmica principalmente a través de la tigmotermia.
- La especie tolera  $TC_{m\acute{a}x}$  sobre los  $37,58^{\circ}C$  y  $TC_{m\acute{i}n}$  inferiores a los  $-3,43^{\circ}C$ , lo que indica que es una especie euritérmica ya que posee un amplio RTT.
- Además, las temperaturas de aclimatación en laboratorio ( $10^{\circ}C$  y  $20^{\circ}C$ ) no influyeron sobre los parámetros térmicos  $TC_{m\acute{a}x}$ ,  $TC_{m\acute{i}n}$ , y  $\tau_{enf}$  en los individuos de ambas localidades, más sí en los parámetros  $T_{sel}$  y  $\tau_{cal}$ . Por otra parte, hubo efecto de la procedencia geográfica sobre  $\tau_{cal}$ ,  $\tau_{enf}$  y  $TC_{m\acute{a}x}$ , lo que permite aceptar parcialmente la  $H_1$ .





### **Alcances del estudio**

Gracias a este estudio se pudieron ampliar los antecedentes sobre conducta térmica de la especie *Batrachyla taeniata*, además de comprobar si es que existe influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros térmicos. Conjuntamente, como *Batrachyla taeniata* está presente en un amplio rango de distribución geográfica en Chile, se ve enfrentada a diferentes condiciones ambientales, pues como se sabe, el cambio climático global ha afectado de manera muy dispar las diferentes zonas del país, por lo que estos datos contribuyen a que futuros trabajos logren predecir de qué manera respondería la especie a los escenarios de cambio climático y así poder anticipar medidas de protección para su conservación.

Es importante destacar, que gracias a esta investigación, se pudo reforzar de manera empírica la aplicación del método científico, ayudando a fortalecer las habilidades necesarias para desarrollar actividades metodológicas de experimentación en laboratorio, siendo estas características, fundamentales para la formación y el desarrollo profesional de un profesor de ciencias naturales y biología.



## **Bibliografía**

- Alveal, N. (2015). Relaciones entre la fisiología térmica y las características bioclimáticas de *Rhinella spinulosa* (Anura: Bufonidae) en Chile a través del enlace mecanicista de nicho térmico. Tesis de Postgrado, Universidad de Concepción.
- Angilletta, M. (2009). "Thermal adaptation a theoretical and empirical synthesis". Oxford University Press, USA. 289 pp.
- Angilletta, M., Niewiarowski, P. & Navas, C. (2002). "The evolution of thermal physiology in ectotherms". *Journal of Thermal Biology* 27, 249-268.
- Blaustein, A.R., Wake, D.B., Sousa, W.P. (1994). Amphibian declines: Judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology* 8: 60–71.
- Boutilier, R., Stiffler, F. & Toews, D. (1992). "Exchange of respiratory gases, ions, and water in amphibious and aquatic amphibians". 81-124. En: *Environmental Physiology of the Amphibians* (Eds. Feder, M. & W. Burggren), pp 81-124, University of Chicago Press, Chicago.
- Brattstrom, B. & Lawrence, P. (1962). "The rate of thermal acclimation in anuran amphibians". *Physiological Zoology* 35, 148-156.
- Brattstrom, B. (1963). "A preliminary review of thermal requirements of Amphibians". *Ecology* 44, 238-255.
- Brooks, G. & Sassman, J. (1965). "Critical thermal maxima of larval and adults *Eurycea bislineana*". *Copeia* 1965, 251-252.
- Castañeda, L., Lardies, M. & Bozinovic, F. (2004). Adaptive latitudinal shifts in thermal traits of a terrestrial isopod. *Evolutionary ecology research*, 6, 570–593.
- Cei, J. (1962). "Batracios de Chile". Ediciones Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Celis-Diez J.L., Ippi S., Charrier A. & Garín C. (2011). Fauna de los bosques templados de Chile. Guía de campo de los vertebrados terrestres. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile.
- Christian, K. & Tracy, C. (1983). "Seasonal shifts in body temperature and use of microhabitats by Galapagos land iguanas, *Conolophus pallidus*". *Ecology* 64, 463-468.
- Contreras, S. (2016). Posible efecto de las temperaturas de aclimatación sobre las respuestas térmicas en Temperaturas Críticas Máximas ( $TC_{m\acute{a}x}$ ) y mínimas ( $TC_{m\acute{i}n}$ ) de una población de *Batrachyla taeniata* (Girard, 1855). Seminario de Título, para

optar al Título Profesional Profesor de Ciencias Naturales y Biología, Universidad de Concepción.

- CORFO. (2010). Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. Región del Lib. Gral. Bernardo O'Higgins. Síntesis de Resultados. Centro de Información de Recursos Naturales.
- Correa, C., Cisternas, J., Velásquez, N., Lobos, G. & San Martín-Órdenes, J. (2014). "Distribution extension, new records and historical occurrence of *Batrachyla taeniata* (Girard, 1854) (Anura: Batrachylidae) in Chile". *Herpetology Notes*, volumen. 7, 703-706.
- Cossins, A. & Bowler, K. (1987). "Temperature Biology of Animals". Chapman and Hall, London, United Kingdom.
- Cowles, R. & Bogert, C. (1944). "A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83, 265-296.
- Deutsch, C., Tewksbury, J., & Huey, R. (2008). "Putting the heat on tropical animals". *Science* 320, 1296–1297.
- Di Castri, F. & Hajek, E. (1976). "Bioclimatología de Chile". Edición Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Di Castri, F. (1968) *Esquisse écologique du Chili*. En: *Biologie de l'Amérique Australe*. Editions du Centre
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C. (2012). "InfoStat version 2012". Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: <http://www.infostat.com.ar>
- Duellman, W. & Trueb, L. (1986). *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- Eckert, R., Randall, D. & Augustine, G. (1991) "Fisiología animal: mecanismos y adaptaciones". Interamericana. McGraw-Hill, España.
- Falvey, M. & Garreaud, R. (2009). "Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979–2006)". *Journal of Geophysical Research* 114, 1-16.
- Feder, M. & Burggren, W. (1985). "Cutaneous gas exchange in vertebrates: design, patterns, control and implications". *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 60.

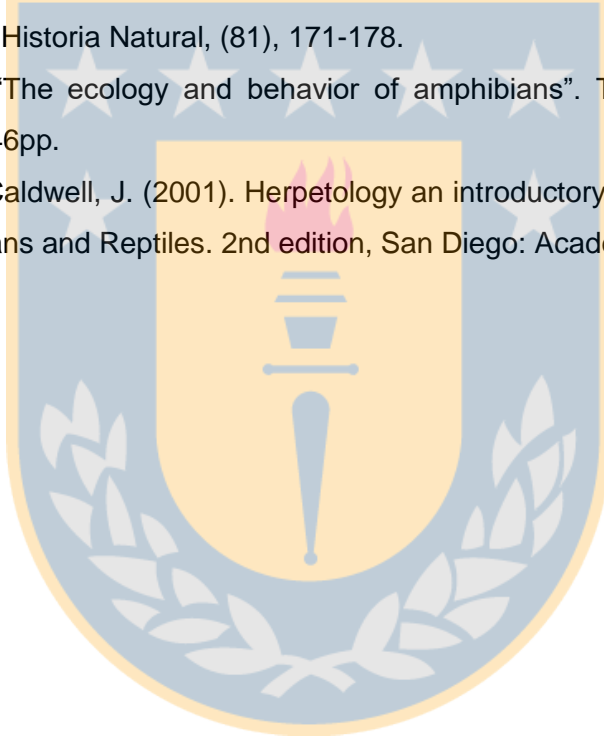
- Finke, G. (2003). "Biofísica ecológica y los modelos de transferencia de calor". pp.171-185. En: Fisiología ecológica y evolutiva (Ed. Francisco Bozinovic). Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Fuenzalida, H. (1965). Biogeografía. pp. 171-227. En: Geografía Económica de Chile. Texto Refundido. Corporación de Fomento de la Producción.
- Gajardo, R. (1994). La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago.
- Gilchrist G. (1995). Specialist and generalist in changing environments. I. Fitness landscape of thermal sensitivity. *The American Naturalist*, 146, 252-270.
- Gilman, S., Wetthey, D. & Helmuth, B. (2006). "Variation in the sensitivity of organismal body temperature to climate change over local and geographic scales". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States* 103, 9560-9565.
- Hadfield, S. (1966). "Observations on body temperature and activity in the toad *Bufo woodhousei fowleri*". *Copeia* 1, 581-582.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. del P. (2010). Metodología de la Investigación. 5ta. edición. México: Mc Graw-Hill.
- Hickman, C., Roberts, L., Keen, S., Larson, A., l'Anson, H., & Einsenhour, D. (2009). Principios integrales de Zoología (14a edición). (S. Cristina, & M. León, Edits.) Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Hillman, S., Withers, P., Drewes, R. & Hillyard, S. (2009). "Ecological and environmental physiology of amphibians". Oxford University Press, USA.
- Hochachka, P. & Somero, N. (2002). "Biochemical Adaptation". Oxford University Press. Oxford.
- Houlahan, J.E.; Findlay, C.S.; Schmidt, B.R.; Meyer, A.H & Kuzmin, S.L. (2000) quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature*, 404: 752-755.
- Huey, R. (1982). "Temperature, physiology, and the ecology of reptiles". En: *Biology of the Reptilia* (Eds. Gans, C. & F. H. Pough), pp. 25-91. Academic Press, New York.
- Huey, R. (1991). "Physiological consequences of habitat selection". *American Naturalist* 137, 91-115.
- Hutchinson, V., H. (1961). "Critical thermal maxima in salamanders". *Physiological and Biochemical Zoology* 34, 92-125.

- Hutchison, V. & Dupré, R. (1992). Thermoregulation: 206-249pp. In Environmental physiology of the amphibians. M. E. Feder and W. W. Burggren (eds). The University of Chicago Press. Chicago.
- Hutchison, V., H. & Ferrance, M., R. (1970). "Thermal tolerances of *Rana pipiens* acclimated to daily temperature cycles". Herpetologica 26, 1-8.
- Hutchison, V., H. & Hill, L., G. (1977). "Thermal selection of bullfrog tadpoles (*Rana catesbeiana*) at different stages of development and acclimation temperatures". The Journal of Thermal Biology 3, 57-60.
- Inzunza, J. "Meteorología Descriptiva". Climas de Chile. Universidad de Concepción. (s.f.).
- Iturra-Cid, M. & Ortiz, J.C. (2010). "*Batrachyla taeniata* (NCN). Body temperatura". Herpetological Review 41, 331-333.
- Iturra-Cid, M. (2010). Variación geográfica de la ecología térmica de *Pleurodema thaul* (Amphibia: Leiuperidae) en Chile: adaptación local, potencial evolutivo y consecuencias en un escenario de cambio climático. Tesis de Magister, Universidad de Concepción.
- Jorgensen, C. (1992). "Growth and reproduction": 439-466pp. In M.E. Feder y W.W. Burggren (eds). Environmental physiology of the amphibians. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Labra, A. & Vidal, M. (2003). "Termorregulación en reptiles: un veloz pasado y un futuro lento". pp. 207-224. En: Fisiología ecológica y evolutiva. Teoría y casos de estudio en animales (Ed. Bozinovic, F.). Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Labra, A., Vidal, M., Solis, R. & Penna, M. (2008). "Ecofisiología de anfibios y reptiles" pp. 483-516. En: Herpetología de Chile (Eds. Vidal, M. & A. Labra) Ediciones Science Verlag, Chile.
- Labra, M., A., Soto-Gamboa, M. & Bozinovic, F. (2001). "Behavioral and physiological thermoregulation of Atacama Desert – dwelling *Liolaemus lizards*". Ecoscience 8 (14), 413-420.
- Lambrinos, J. & Kleier, C. (2003). Thermoregulation of juvenile Andean toads (*Bufo spinulosus*) at 4300 m. Journal of Thermal Biology, 28, 15-19.
- Lillywhite, B. (1971). "Temperature selection by the bullfrog *Rana catesbeiana*". Comparative Biochemistry and Physiology A 40, 171-213.

- Lobos, G., Vidal, M., Correa, C., Labra, A., Díaz – Páez, H., Charrier, A., Rabanal, F., Díaz, S. & Tala, C. (2013) Anfibios de Chile, un desafío para la conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología. Santiago.
- Mercer, J. (2001). "Glossary of terms for thermal physiology". The Japanese Journal of Physiology 51, 245-280.
- Miaud, C. & Merilä, J. (2001). "Local adaptation or environmental induction? Causes of population differentiation in alpine amphibians". Biota 2(1), 31-50.
- Ministerio de Educación Gobierno de Chile. (2012). Estándares Orientadores Para Carreras De Pedagogía En Educación Media. LOM Ediciones Ltda. Santiago.
- Moyes, D. & Schulte P. (2007). "Principios de fisiología animal". Pearson Educación S.A., Madrid. 766 pp.
- Navas, C., Gomes, F. & Carvalho, J. (2008). "Review: thermal relationship and exercise physiology in anuran amphibians: integration and evolutionary implications". Comparative Biochemistry and Physiology 151, 344-362.
- Nova, R. (2010). Proyecciones sobre el estudio de la termofisiología de *Calyptocephalella gayi* en Chile y los impactos del cambio climático. Tesis de Grado, Universidad del Biobío.
- Oberdorfer, E. (1960). Pflanzensociologische Studien in Chile. Ein Vergleich mit Europa. Flora et vegetatio Mundi, Band II (Ed. R. Tüxen). Verlag Von Cramer. Weinheim. Alemania.
- Pearson, O. & Bradford, D. (1976). "Thermoregulation of lizards and toads at high altitudes in Peru". Copeia 1, 155–170.
- Pearson, R.G. & Dawson, T.P. (2003). "Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?". Global Ecology & Biogeography 12: 361-371.
- Peters, J. 1964. Dictionary of Herpetology. Hafner publishing company, New York and London, 392pp.
- Pigliucci, M., Murren, C. & Schlichting, C. (2006). "Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation". Journal of Experimental Biology 209, 2362-2367.
- Polyméris, C. (1995). Vegetación actual de la Península de Hualpén: clasificación y dinámica. Tesis de grado de Magíster en Ciencias, Mención Botánica, Universidad de Concepción, Chile, 190 pp.

- Pörtner H. (2002). Climate variation and physiology basis to temperature dependent biogeography: systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals. *comparative Biochemistry and Physiology*, (132), 739-761.
- Pough, F. & Gans, C. (1982) "The vocabulary of reptilian thermoregulation". pp. 17-23. En: *Biology of reptilian* (Eds. Gans, C. & F. Pough). Academic Press, London.
- Rabanal, F. & Núñez, J. (2009). "Anfibios de los Bosques Templados de Chile. Universidad Austral de Chile". Valdivia.
- Salinas, R. (2017). Relación entre la conducta térmica y el sexo de una población de *Pleurodema thaul* (Amphibia: Leiuperidae) provenientes de la comuna de Antuco, región del Biobío. Seminario de Título, para optar al Título Profesional Profesor de Ciencias Naturales y Biología, Universidad de Concepción.
- Sanabria, E. & Quiroga L. (2011). "Thermal parameters changes in males of *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) related to reproductive periods". *Revista de Biología Tropical* 59 (1), 347-353.
- Sanabria, E., Quiroga, L. & Acosta, J. (2003). "Relación entre la temperatura corporal de adultos de *Bufo arenarum* (Anura: Bufonidae) y variables ambientales en un humedal de San Juan, Argentina". *Multequina* 12, 49-53.
- Sanabria, E., Quiroga, L. & Acosta, J. (2007). "*Odontophrynus occidentalis* (NCN). Body temperature". *Herpetological Review* 38, 188-189.
- Sanabria, E., Quiroga, L. & Martino A. (2011). "Seasonal changes in the thermoregulatory strategies of *Rhinella arenarum*" in the Monte desert, Argentina. *Journal of Thermal Biology* 36, 23-28.
- Scheiner, M. (1993). "Genetics and evolution of phenotypic plasticity". *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 24, 35-68.
- Sinsch, U. (1989). "Behavioural thermoregulation of the Andean toad (*Bufo spinulosus*) at high altitudes". *Oecologia* 80, 32-38.
- Southward, A.J., Hawkins, A.J. & Burrows. M.T. (1995). 70 years observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature. *Journal of Thermal Biology* 20, 127-155.
- Tracy, C. (1976). "A model of the dynamic exchanges of water and energy between a terrestrial amphibian and its environment". *Ecological Monographs* 46, 293-326.

- Tracy, C., Tracy, C. & Turner, J. (1992). "Contrasting Physiological Abilities for Heating and Cooling in an Amphibian (*Rana pipiens*) and a Reptile (*Sauromalus obesus*)". *Herpetologica* 48(1), 57-60.
- Úbeda, C., Veloso, A., Núñez, H., Ortiz, J.C., Formas, R. & Lavilla, E. (2008) *Batrachyla taeniata*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. . Downloaded on 15 January 2011
- Vences, M., Galan, P., Vieites, D., Puente, M., Oetter, K. & Wanke, S. (2002). "Field body temperatures and heating rates in a montane frog population: the importance of black dorsal pattern for thermoregulation". *Annales Zoologici Fennici* 39, 209-220.
- Vidal M., Ortiz J., & Labra A. (2008). Intraspecific variation in a physiological thermoregulatory mechanism: the case of the lizard *Liolaemus tenuis* (Liolaeminae). *Revista Chilena de Historia Natural*, (81), 171-178.
- Wells, D. (2007). "The ecology and behavior of amphibians". The University of Chicago Press. 1146pp.
- Zug, G., Vitt, L. & Caldwell, J. (2001). Herpetology an introductory. pp. 177-196. In: *Biology of amphibians and Reptiles*. 2nd edition, San Diego: Academic Press.





## Anexos

**Anexo 1. Tabla de medidas resumen de tamaño y masa para las distintas localidades.**

Variable	Localidad	
	Ucuquer	Hualpén
<b>LHC (mm)</b> <b>Media ± D.E</b>	2,88 ± 1,35	1,64 ± 0,66
<b>(Rango)</b>	(1,70/5,64)	(0,82/3,78)
<b>Masa (g)</b> <b>Media ± D.E</b>	33,85 ± 3,67	27,78 ± 3,15
<b>(Rango)</b>	(29,06/40,20)	(23,41/36,29)

**Anexo 2. Tabla de resultados test Kruskal Wallis por localidad para masa y tamaño.**

Variable	Localidades	
	Ucuquer	Hualpén
<b>Masa</b>	H=31,30 P=<0,0001	
<b>LHC</b>	H=28,26 P=<0,0001	

**Anexo 3. Tabla de medidas resumen para las distintas localidades y a diferente aclimatación.**

Variable térmica	Localidad			
	Ucuquer		Hualpén	
Aclimatación	10°C	20°C	10°C	20°C
<b>TC<sub>min</sub> (°C)</b> <b>Media ± D.E</b>	-3,43 ± 2,70	-2,30 ± 1,72	-2,70 ± 1,47	-2,86 ± 1,86
<b>(Rango)</b>	(-8,80/-0,6)	(-5,40/-0,20)	(-8,10/-1,30)	(-9,60/0,40)
<b>TC<sub>máx</sub> (°C)</b> <b>Media ± D.E</b>	34,79 ± 1,79	35,32 ± 2,09	36,65 ± 2,48	37,58 ± 2,86
<b>(Rango)</b>	(32,80/38,60)	(31,10/38,70)	(32,30/42,30)	(31,60/43,70)
<b>τ<sub>cal</sub> (τ/min)</b> <b>Media ± D.E</b>	2,84 ± 2,12	0,58 ± 0,59	1,04 ± 1,20	0,64 ± 0,65
<b>(Rango)</b>	(0,67/7,33)	(0,12/1,88)	(0,04/5,47)	(0,17/3,07)
<b>τ<sub>enf</sub> (τ/min)</b> <b>Media ± D.E</b>	3,33 ± 2,10	1,93 ± 0,88	2,11 ± 1,84	2,08 ± 0,94
<b>(Rango)</b>	(0,46/8,12)	(0,97/3,50)	(0,25/7,42)	(0,83/4,26)
<b>T<sub>sel</sub> (°C)</b> <b>Media ± D.E</b>	21,68 ± 3,78	20,40 ± 2,63	22,07 ± 4,73	19,91 ± 3,57
<b>(Rango)</b>	(13,67/26,00)	(16,93/25,30)	(12,63/30,43)	(13,63/29,43)
<b>RTT (°C)</b> <b>Media ± D.E</b>	38,22 ± 2,69	37,62 ± 3,08	40,00 ± 3,63	40,45 ± 3,93
<b>(Rango)</b>	(32,40/42,80)	(31,50/41,70)	(34,30/49,60)	(31,20/53,30)

**Anexo 4. Tabla de resultados test Kruskal Wallis por aclimatación y por localidades**

Variable térmica	Aclimatación	
	10°C	20°C
$TC_{\min}$	H=0,016 P=0,6885	H=0,98 P=0,3229
$TC_{\max}$	H=5,49 P=0,0191	H=5,07 P=0,0243
$\tau_{cal}$	H=10,95 P=0,0009	H=0,29 P=0,5931
$\tau_{enf}$	H=4,80 P=0,0285	H=0,14 P=0,7095
$T_{sel}$	H=0,02 P=0,8857	H=0,29 P=0,5923
RTT	H=1,42 P=0,2338	H=2,96 P=0,0850

**Anexo 5. Tabla resultados test Wilcoxon**

Wilcoxon	Localidad	
	Ucuquer	Hualpén
$TC_{\min}$	Z=0,42 P=0,701	Z=0,72 P=0,094
$TC_{\max}$	Z=0,87 P=0,3882	Z=0,77 P=0,494
$\tau_{cal}$	Z=2,67 P=0,0008	Z=2,21 P=0,0292
$\tau_{enf}$	Z=1,48 P=0,1456	Z=0,16 P=0,8678
$T_{sel}$	Z=1,24 P=0,2076	Z=2,00 P=0,0442
RTT	Z=1,42 P=0,1582	Z=0,20 P=0,8526

**Anexo 6. Tabla resumen de ecuaciones lineales, valor R<sup>2</sup> y P, para la asociación de la temperatura corporal (Tc) versus la temperatura del sustrato (Ts) y aire (Ta) en laboratorio, con aclimatación a 10 y 20°C.**

	Aclimatación	Localidad	Ecuación Ts	R <sup>2</sup> Ts	P	Ecuación Ta	R <sup>2</sup> Ta	P
Tc	10°C	Ucuquer	Y=0,0881x+2,0938	0,7703	<0,0001	Y=0,6977x+6,5173	0,5935	<0,0001
	10°C	Hualpén	Y=0,9301x+1,2241	0,899	<0,0001	Y=1,311x-5,4787	0,6442	<0,0001
	20°C	Ucuquer	Y=1,0568x-1,2756	0,9275	<0,0001	Y=0,8887x+2,4915	0,7399	<0,0001
	20°C	Hualpén	Y=0,8943x+1,7857	0,8866	<0,0001	Y=0,8855x+2,1957	0,7445	<0,0001

