



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

Posible efecto de las temperaturas de aclimatación sobre las respuestas térmicas en
Temperaturas Críticas Máximas ($TC_{máx}$) y mínimas ($TC_{mín}$) de una población de *Batrachyla*
taeniata (Girard, 1955)

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

Seminarista : Sergio Contreras Oñate
Profesor Guía : Dra. Helen Díaz Páez

Los Ángeles, 2016

INDICE

Agradecimientos	3
Resumen	4
Planteamiento del tema y justificación de la investigación	5
Objeto de estudio	8
Preguntas de investigación	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
Hipótesis	9
Marco referencial	10
Diseño de investigación	21
Resultados	26
Discusión	30
Conclusiones	32
Alcances esperados	33
Bibliografía	34
Anexos	39



Agradecimientos

Agradezco a todas las persona que participaren e hicieron posible este Seminario de Título,
muchas gracias por su apoyo y enseñanza.

A mi profesora Guía Dra. Helen Díaz Páez, por su profesionalismo, orientación y dedicación durante todo el transcurso de esta tesis. Gracias por haber transmitido su conocimiento y su gran pasión, por haber contribuido a mi formación profesional y personal.

A los docentes que fueron parte de mi comisión evaluadora, Mg. Nicza Alveal y Dra. Marcela Vidal, por haber contribuido directamente en la conformación teórica como empírica de la presente investigación.

A Don Milton Seguel, y Susana Briones por su ayuda y paciencia durante el transcurso mi este seminario.

A mi familia y amigos, quienes siempre han estado conmigo y han confiado en mí potencial. Gracias por guiar mi proyecto de vida y entregarme todo su apoyo y amor incondicional.

Y en especial a mi novia por siempre haber estado conmigo, gracias por ser un pilar fundamental y haber entregado todo tu apoyo y amor siempre.



RESUMEN

En Chile existe una gran variedad de anfibios, los cuales se ven enfrentados y adaptados a distintos climas. A nivel mundial se ha reconocido que todas las especies de anfibios son altamente dependientes de las condiciones climáticas externas, por lo que conocer sus conductas térmicas puede ser fundamental frente a un efecto del calentamiento global sobre este taxón.

Una de las variables ambientales que más los afecta es la temperatura ambiental. Es por ello, que se ha determinado que las condiciones ambientales llevan a los herpetozoos a establecer diferencias en las respuestas térmicas, con temperaturas de tolerancias y de preferencia diferentes entre poblaciones. Esto ha llevado a que se realicen varios estudios sobre tolerancia térmica, en diversas especies de anuros. Sin embargo, en Chile estos aspectos han sido escasamente estudiados.

El presente estudio fue de tipo exploratorio y busco establecer un posible efecto de las temperaturas de aclimatación sobre las respuestas térmicas para las Temperaturas Críticas Máximas ($TC_{máx}$) y mínimas ($TC_{mín}$) de una población de *Batrachyla taeniata*. Para ello, se colectaron durante las temporadas de otoño-invierno del año 2016, 12 individuos de una localidad costera. Estos fueron sometidos a una aclimatación de 10°C y 20°C. Los resultados muestran que *B. taeniata* se comporta como termoconformista, con un amplio rango de tolerancia térmica que va desde los -3°C como $TC_{mín}$ a los 37°C como $TC_{máx}$, sin que se determinen diferencias en la respuesta térmica atribuibles a la temperatura de aclimatación.

Palabras clave: Temperatura crítica máxima, temperatura crítica mínima, respuestas térmicas, aclimatación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La temperatura ambiental es uno de los factores abióticos que tiene mayor incidencia en la adecuación biológica de los ectotermos (Angilletta, 2009), por lo que su estudio ha sido tema de gran interés dentro del ámbito ecofisiológico. Los anfibios, al igual que los reptiles, son animales ectotermos porque dependen de las condiciones térmicas del ambiente para sus actividades. Ya que regulan su temperatura fundamentalmente a través de la conducta, es decir, seleccionando sitios con temperaturas que les permitan mantener una temperatura corporal preferencial, la que corresponde a la más adecuada para el buen funcionamiento fisiológico y conductual (Lobos, Vidal, Correa, Labra, Díaz-Páez, Charrier, Rabanal, Díaz & Tala, 2013). Existe poca información sobre los límites fisiológicos de las especies de anfibios a nivel mundial y las potenciales respuestas al cambio. Esto se torna en un tema de fundamental trascendencia debido al cambio en las condiciones climáticas que sufre el planeta, donde los anfibios serían uno de los taxa mayormente afectados, y en donde la falta de conocimientos en aspectos térmicos dificulta notablemente la precisión de las predicciones de los efectos del cambio climático (Zug, Vitt & Caldwell, 2001).

En Chile aunque existen datos meteorológicos macroclimáticos, hay una gran carencia en información de tendencias poblacionales y/o fenología (último año avistamiento, inicio periodo reproductivo, densidades, etc.), por lo que la realización de correlaciones resulta imposible. Además, es necesario tener en cuenta que las correlaciones no prueban causa - efecto, ya que esta solo puede ser probada en condiciones de laboratorio donde todas las variables, menos la estudiada, son suprimidas (Parmesan & Yohe, 2003). Para hacer la situación más compleja es probable que los cambios climáticos estén actuando en sinergismo con otras amenazas, lo que torna más difícil poder comprobar posibles correlaciones (Bickford, Howard, Ng & Sheridan, 2010). Es por este motivo que los estudios fisiológicos de las diferentes especies de anuros chilenos (como los de tolerancia térmica), cobran especial relevancia, ya que a través de estos es posible inferir los efectos que las variaciones del clima podrían tener sobre las diferentes especies.

Para entender cómo los organismos actúan normalmente y cómo responden a los cambios de temperatura, es necesario conocer su vulnerabilidad y sensibilidad térmica. Para esto es posible caracterizar varios parámetros de la ecología térmica que nos permiten comprender las capacidades fisiológicas de organismos ectotermos frente a cambios de temperatura. Ahora para determinar la tolerancia térmica se utilizan los límites inferiores y superiores, que definen la gama de temperaturas que un anfibio puede tolerar (Angilletta, Niewiarowski & Navas, 2002). En el límite inferior de la zona de resistencia está la temperatura baja no letal, lo que se denomina temperatura crítica mínima (TC_{mín}). De igual manera en el límite superior de la zona de resistencia se encuentra la temperatura superior no letal, lo que se denomina la temperatura crítica máxima (TC_{máx}) (Zug *et al.*, 2001).

Batrachyla taeniata es un anfibio de tamaño pequeño, esbelto y acinturado, con una cabeza larga y puntiaguda. De brazos y piernas finas y largos dedos en manos y pies, sin membrana interdigital. La coloración del cuerpo puede variar entre el café oscuro y el rosado pálido, dependiendo del sustrato y de la temperatura ambiental. Dos largas estrías negras cruzan desde las fosas nasales por delante de los ojos hasta los hombros. Habita predominantemente bosques, 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 encontrarlo 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-Díez, S Ippi, A Charrier & C Garín, 2011).

Esta especie es de origen endémico de los bosques templados australes de Chile y Argentina; en Chile presentan una distribución desde la Región de Valparaíso hasta Puerto Natales en la Región de Magallanes y Antártica Chilena. Habita en bosques nativos y zonas inundadas como pomponales. Su estado de conservación en todo Chile es insuficientemente conocido desde la Región de Valparaíso hasta la Región del Maule y vulnerable desde la Región del Bío Bío a la Región de Los Lagos (Celis-Díez *et al.* 2011).

Desde el punto de vista térmico solo se ha determinado a través de estudios de campo, que esta especie posee una conducta termoconformista (Iturra-Cid & Ortiz, 2010).

Por lo que falta aún por conocer si se mantiene la conducta termoconformista al ser aclimatada, o se producirá un real cambio en su comportamiento térmico.

Como ya se ha dilucidado anteriormente los anfibios son muy susceptibles a cambios del medio externo, ya que al ser individuos ectotermos, la temperatura ambiental influye directamente sobre varios de sus procesos fisiológicos, es así que Bickford *et al.* (2010) señala que mientras el clima se vaya haciendo más cálido, lo que también afectará a los anfibios. Por otra parte, la alta permeabilidad de su piel y sus huevos los hace muy susceptibles a las condiciones de temperatura y humedad del hábitat. En este contexto, y dado que Chile es un país multiclímico, durante el último tiempo se ha reconocido que el cambio climático ha afectado las diferentes zonas de manera muy dispar, por ejemplo la influencia de las aguas frías del Océano Pacífico ha hecho que las zonas costeras hayan presentado temperaturas tendientes al enfriamiento en los últimos años. Por otro lado, en las zonas cordilleranas y de los valles centrales efectivamente se ha presentado un aumento en las temperaturas (Falvey & Garreaud, 2009). Todos estos cambios climáticos, pueden afectar a esta taxa, por lo que es muy importante lograr determinar las temperaturas críticas que puede soportar, ya que esto nos daría una idea de cómo esta especie responderá a las alteraciones del clima a los que se están y se verán enfrentados en un futuro. Por lo que el presente estudio busca determinar las Temperaturas Críticas Máximas ($TC_{máx}$) y Temperaturas Críticas mínimas ($TC_{mín}$) de una población de *Batrachyla taeniata*, sometidas a distintas temperaturas de aclimatación.

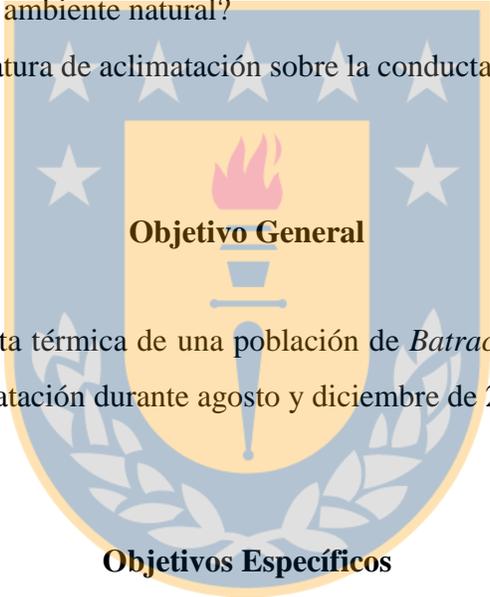
Junto a esto, cabe destacar que este estudio de análisis térmico, bajo el enfoque científico, es de gran importancia en un aspecto educativo al promover el desarrollo de competencias científicas en los docentes, lo cual es fundamental en los estándares orientadores para las carreras de pedagogía en Biología. Bajo esta premisa se espera que un profesor de ciencias sea capaz de mostrar las habilidades científicas propias del quehacer científico y lograr comprender como se desarrolla este tipo de conocimiento y así poder promover y desarrollar en sus estudiantes las actitudes y habilidades del quehacer científico (Ministerio de Educación Gobierno de Chile, 2012).

OBJETO DE ESTUDIO

Efecto de la temperatura de aclimatación sobre la conducta térmica de *Batrachyla taeniata* en una población de la región del Bio Bio.

Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las temperaturas críticas mínimas y máximas que *Batrachyla taeniata* puede tolerar en condiciones de laboratorio?
- ¿Cómo se comporta *B. taeniata* frente a la temperatura del ambiente en condiciones de laboratorio y en ambiente natural?
- ¿Influye la temperatura de aclimatación sobre la conducta térmica de *B. taeniata*?



Objetivo General

Analizar la conducta térmica de una población de *Batrachyla taeniata* enfrentada a dos temperaturas de aclimatación durante agosto y diciembre de 2016.

Objetivos Específicos

- a) Describir la conducta térmorregulatoria de *Batrachyla taeniata* en condiciones de campo y laboratorio.
- b) Determinar la tolerancia térmica instaurada por sus Temperaturas críticas mínimas y máximas ($T_{c\ min}$ y $T_{c\ máx}$) en la población de *B. taeniata*.
- c) Determinar las constantes de tiempo térmica para el calentamiento y enfriamiento.
- d) Evaluar el efecto de la temperatura de aclimatación sobre las respuestas térmicas de *B. taeniata*.

HIPÓTESIS

Los estudios han de mostrado un gran efecto de la temperatura ambiental sobre la conducta térmica de los anfibios. Junto a esto, se ha establecido que los animales son capaces de soportar solo un máximo y un mínimo de temperaturas en el gradiente ambiental, consideradas las $TC_{máx}$ y $TC_{mín}$. En base a lo anterior, las hipótesis del presente estudio son:

H_1 : La temperatura de aclimatación influirá positivamente en las respuestas térmicas de *B. taeniata*.

H_{01} : No existe efecto de la temperatura de aclimatación sobre las respuestas térmicas de *B. taeniata*.



MARCO REFERENCIAL

1. Los anfibios y el ambiente

Los anfibios presentan una alta sensibilidad y mayor riesgo de extinción frente a las cambiantes condiciones ambientales del planeta (Angilletta, 2009). Esto se debe, principalmente a sus particularidades biológicas, entre las que destacan un ciclo de vida complejo con fase acuática y terrestre, baja capacidad de dispersión, variados mecanismos de respiración y una alta permeabilidad de la piel (Duellman & Trueb 1986, Jorgensen 1992, Miaud & Merilä 2001). En relación a lo anterior, la variable ambiental más importante en su subsistencia es la Temperatura del ambiente (T_a), ya que incide en su adecuación biológica (Angilletta 2009), condicionando procesos fisiológicos, metabólicos, conductuales y químicos (Hochachka & Somero 2002).

Los términos ectotermos y endotermos distinguen a los animales por el mecanismo fisiológico mediante el cual determinan la temperatura corporal (T_c). En el caso de los ectotermos la T_c está fuertemente afectada por las condiciones del entorno. Si el ectotermo presenta una T_c variable, puede denominarse también poiquilotermo. Por otra parte, los endotermos son los animales que generan calor interno a fin de mantener una T_c elevada. Si bien estos regulan la T_c en un rango estrecho, no necesitan que sea constante. Los términos poiquilothermia y homeothermia distinguen a los animales en base a la estabilidad de la T_c . Los poiquilotermos son animales con una T_c variable, es decir, una que varía en respuesta a las condiciones ambientales. Por el contrario los, homeotermos son animales que mantienen una T_c relativamente estable, es así como la mayoría de los homeotermos logran regular su T_c a través de procesos metabólicos. Son ejemplos de animales ectotermos los herpetozoos (reptiles y anfibios) y peces, mientras que endotermos son aves y mamíferos (Figura 1) (Moyes & Schulte, 2007).

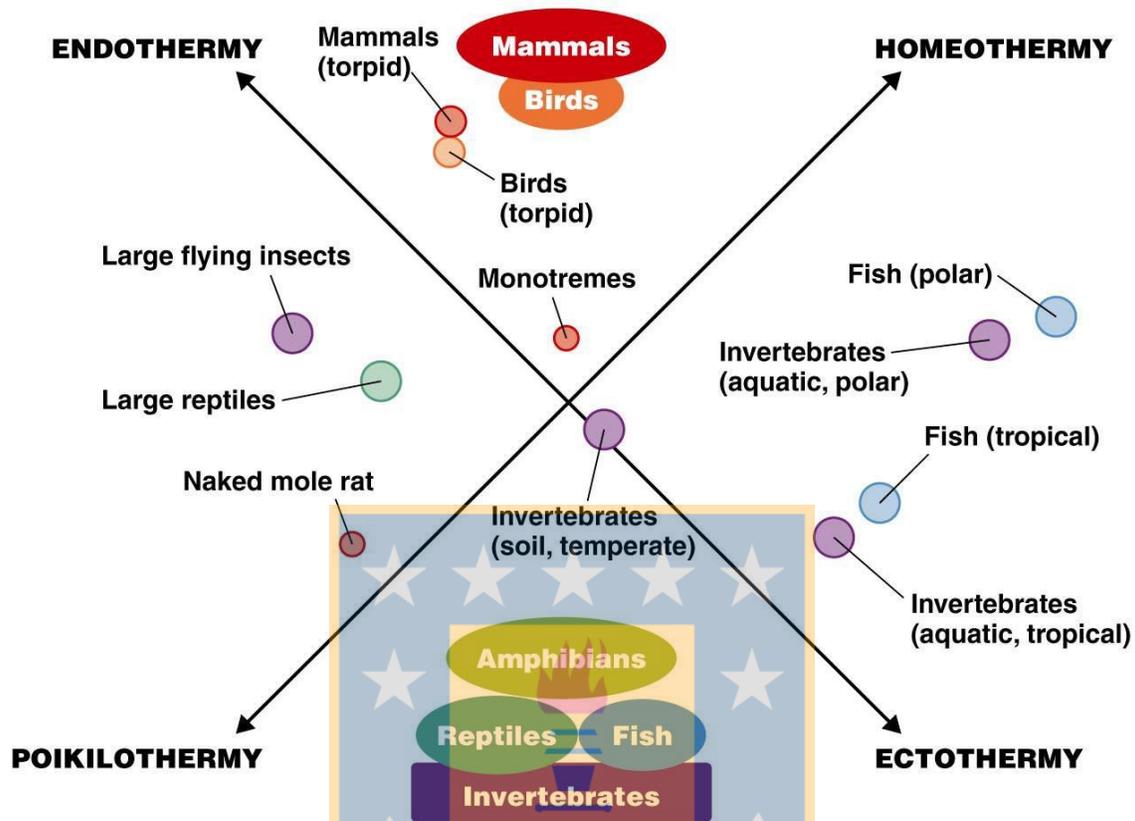


Figura 1. Conductas térmicas en animales. (Extraído de Moyes & Schulte, 2007)

En aspectos térmicos se ha establecido que los herpetozoos son capaces de generar un balance entre la temperatura corporal y ambiental (Avery 1982 cit. En Vidal, 2010). En el caso particular de los anfibios, debido a sus características fisiológicas y alta dependencia de la humedad del entorno, el comportamiento térmico está fuertemente influenciado por la temperatura. El sol es la principal fuente de calor tanto para anfibios y reptiles, pero los anfibios en general operan a temperaturas corporales más bajas que los reptiles, siendo a menudo nocturnos y limitando sus actividades a los periodos cuando la humedad es alta o se produce la precipitación, evitando mantener actividad a altas temperaturas o en lugares de baja humedad, ya que tienen una piel permeable y pierden una gran cantidad de agua en estas situaciones (Zug *et al.*, 2001).

Debido a esta piel tan permeable, los anfibios deben lograr el balance entre la temperatura corporal y ambiental, regulando el balance de agua corporal, lo que los lleva a aumentar la tasa de pérdida de agua a medida que aumenta la temperatura ambiental. De esta manera, los anfibios aumentan la pérdida de agua para reducir el calor a través de la refrigeración por evaporación. El enfriamiento por evaporación es un mecanismo de control de la temperatura eficaz sólo si el anfibio tiene acceso a agua con el fin de evitar el estrés por desecación. (Zug *et al.*, 2001).

Junto a esto, se ha descrito que estos organismos, al habitar tanto ambientes terrestres como acuáticos, tienen distintos métodos de intercambio de calor con el entorno, siendo estos; radiación, convección, conducción y evaporación. Estos métodos contribuyen de manera significativa a la temperatura del cuerpo. Estando en tierra reciben energía radiante del sol directa o indirectamente, de la radiación solar reflejada, el calor del sustrato y el aire. La luz del sol que incide sobre una superficie es absorbida y reflejada de diversas maneras; la radiación solar absorbida se convierte en calor y eleva la temperatura del ambiente y por ende la del anfibio (Figura 2). Pero debajo de la superficie de la tierra (bajo el agua), los efectos de la radiación, convección, y la evaporación se debilitan, y el organismo intercambia principalmente el calor con su entorno a través de conducción y convección. La alta conductividad térmica y la capacidad calorífica del agua, causa que la temperatura corporal de estos organismos siga de cerca las temperaturas de su entorno acuoso. Estos procesos provocan un intercambio neto de calor entre un organismo y su ambiente, siempre y cuando los dos difieran en temperatura (Angilletta, 2009).

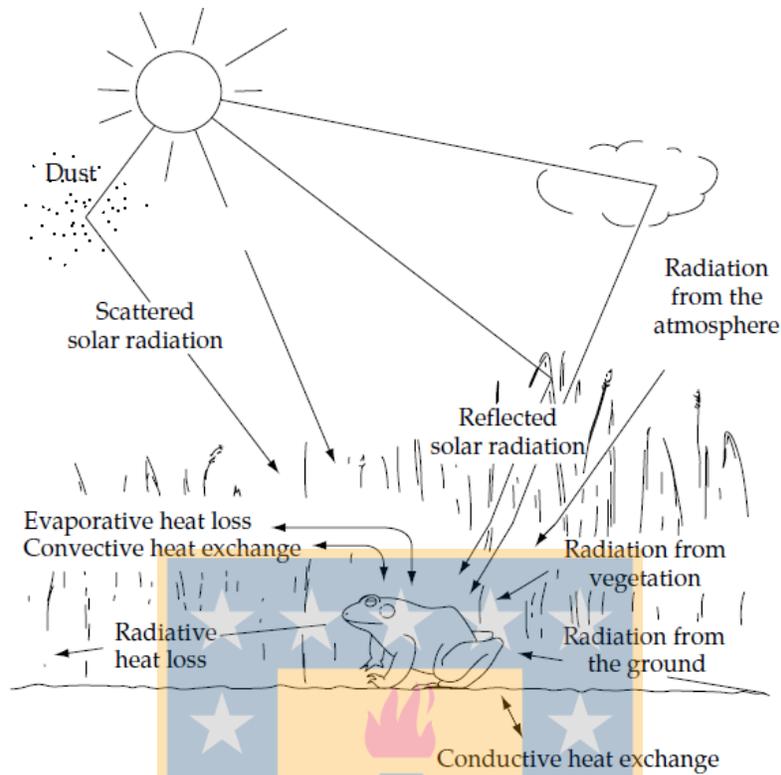


Figura 2. Rutas de intercambio de térmico de un anfibio con el ambiente, esto sea por radiación, conducción, convección y evaporación. El organismo absorbe la radiación ya sea directamente del sol, de la atmosfera y la reflejada por el suelo y alrededores (extraída de: Angilletta, 2009).

Además, de la Temperatura ambiental (T_a), la humedad relativa es otro factor fundamental en la actividad metabólica de los anfibios (Tracy, 1976), en especial en el caso de la respiración, porque presentan una respiración cutánea (Feder & Burggren 1985, Boutilier, R., Stiffler, F. & Toews, D., 1992). A causa de la evaporación constante del agua a través de la piel, los anfibios tienen dificultades para llegar a un T_c mayor a la del ambiente, ya sea del aire (T_{a_a}) o del sustrato (T_{a_s}) (Hadfield 1966, Pearson & Bradford 1976, Sinsch 1989) y a menudo suelen adquirir temperaturas por debajo de las del medio que los rodea.

2. Efectos de la temperatura ambiental en la distribución de los anfibios.

Se ha determinado que la T_a tiene un efecto en los patrones de distribución y abundancia de los organismos, así como numerosas interacciones ecológicas (Andrewartha & Birch, 1954, Dunson & Travis, 1991), lo que la convierte en un factor selectivo que influye en la supervivencia, crecimiento y dispersión de los organismos (Angilletta, 2009).

Es por esto que a nivel mundial, la temperatura es el principal factor que limita en los patrones de distribución y diversidad. Lo que ha llevado a establecer que no hayan anfibios o reptiles que puedan sobrevivir en ambientes helados, como la Antártida y solo unos pocos pueden encontrarse marginalmente dentro de los trópicos y zonas templadas cálidas. Todos los anfibios y reptiles generan calor metabólico, pero a un nivel muy por debajo de los mamíferos y aves, y pocos tienen el aislamiento necesario para evitar la rápida pérdida de calor (Zug *et al.*, 2001).

A pesar de estar limitados por la temperatura en cuanto a su distribución, los anfibios gracias a su gran capacidad de adaptación, 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). El ambiente térmico que se produce de la combinación entre la latitud y la altitud de un determinado espacio físico determinan el rango térmico de una especie. 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). A nivel geográfico, diversos trabajos han demostrado que organismos de hábitats tropicales o de baja elevación tienen un menor rango de tolerancias térmicas en comparación con aquellos que habitan latitudes y altitudes más altas (Addo-Bediako, A., Chown, S. & Gaston, K., 2000; Ghalambor, C., Huey, R., Martin P., Tewksbury J. & Wang G., 2006; Tewksbury, J., Huey, R. & Deutsch, C., 2008). Estos estudios evidencian que el rango de tolerancias térmicas se relaciona con la magnitud de la variación de la temperatura a la cual normalmente el animal está expuesto. Por otro lado, los individuos de altas latitudes y altitudes tienden a calentarse más rápido y enfriarse más lento que organismos de hábitats más cálidos, lo cual les permite aprovechar de mejor manera los recursos térmicos que

tienen disponibles (Díaz, J., Bauwens, D. & Asensio, B., 1996; Clusella-Trullas, S., Terblanche, J., Van Wyk, J. & J. Spotila, J., 2007).

Como la información sobre la distribución geográfica de las especies y de las variables que determinan esos patrones es una de las herramientas más importantes de la biología de la conservación (Urbina-Cardona & Flores-Villela, 2010) resulta plausible inferir que los hábitats seleccionados por un anfibio pueden tener directas consecuencias, tanto fisiológicas como funcionales (Huey, 1991). Es por esto, que 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, cit. En Alveal, 2015) por lo que genera límites a la distribución que estos pueden adoptar en el ambiente.

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. Es en este contexto que se ha establecido un posible efecto de las condiciones térmicas locales sobre la evolución de los límites de tolerancia térmica que deben enfrentar y de su potencial plástico de aclimatación, lo que finalmente deriva en adaptaciones térmicas (Angilletta, 2009).

En cambio 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. La plasticidad fenotípica puede ser irreversible o reversible, ahora en la segunda 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).

3. Estudios de ecofisiología

Los estudios de ecofisiología han llamado la atención de numerosos investigadores. Sin embargo, los reptiles han sido el grupo más abordado, dejando a los anfibios y peces

relegados a un segundo plano quizás basados en las dificultades que presentan por sus características de alta dependencia de la humedad (Hutchison & Dupre, 1992).

Una de las principales formas de enfrentar este problema ha sido a través del estudio de su respuesta frente a las condiciones térmicas del entorno. Es así como han surgido los términos de termorregulador y termoconformista. Un termorregulador perfecto es aquel que posee una temperatura corporal que no es afectada por las variables del ambiente como la temperatura del aire o del agua. Por el otro lado un termoconformista perfecto posee una temperatura corporal equivalente a la temperatura del ambiente (Figura 3). Sin embargo, los estudios han demostrado que más importante que esta definición, es el hecho de que diferentes especies parecen adoptar diferentes mecanismos de termorregulación, en entornos similares (Angilletta, 2009).

Junto a esto, se ha determinado que existe un balance entre los costos y beneficios de la termorregulación y este balance se determina a través del cuándo, cómo y con qué precisión (o variabilidad) los ectotermos controlan sus temperaturas corporales, así como el grado de independencia de temperatura corporal de la temperatura ambiental. De esta manera, la dependencia térmica es estimada correlacionando la temperatura corporal con la temperatura ambiental, donde correlaciones cercanas a cero, implican una alta independencia de las condiciones ambientales y los organismos son considerados termorreguladores. Por el contrario, organismos termoconformistas tienen correlaciones cercanas a uno, con una alta dependencia térmica del ambiente (Figura 3). Los termoconformistas son frecuentes de encontrar en ambientes con poca disponibilidad de recursos térmicos y/o con altos costos para aumentar temperatura corporal (e.g., ambientes acuáticos, bosques sombreados). No obstante, esta estrategia también sería apropiada cuando los animales no necesitan invertir tiempo y energía seleccionando activamente microambientes (Labra, Vidal, Solis & Penna, 2008)

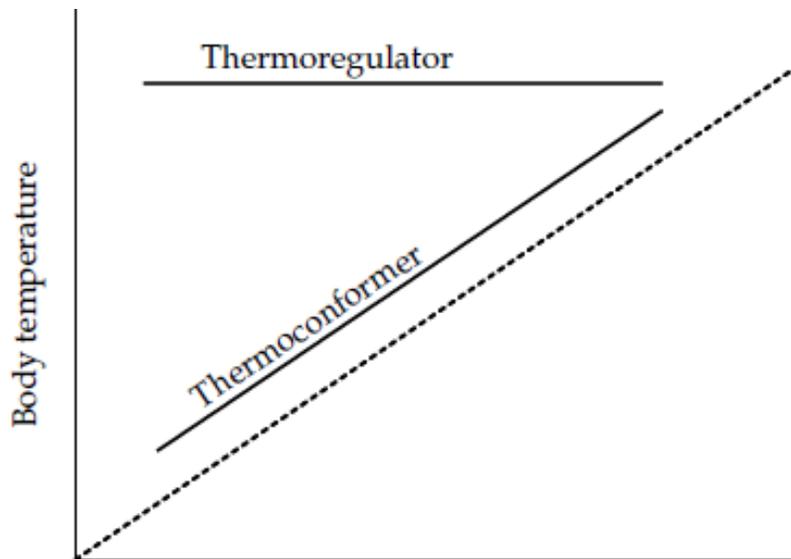


Figura 3: Diferenciación de termorreguladores y termoconformistas. (Extraída de: Angilletta, 2009).

4. Límites fisiológicos

El rango de cambio de las temperaturas del cuerpo que experimentan los anfibios parece estar determinado en gran medida por la interacción entre las preferencias de los microhábitats y la hora del día en que la actividad se lleva a cabo (Navas, 1999).

Los anfibios, tienen un rango de temperatura corporal en el cual pueden desarrollar su rutina de actividad normal, éste es el rango de tolerancia térmica. Por debajo y por encima del rango de tolerancia se crea una alteración de la función fisiológica del animal; es decir, mientras más alejado esté del rango de tolerancia mayor es el deterioro hasta llegar al punto crítico donde se produce la muerte (Hillman *et al.*, 2009). Es decir hay un mínimo inferior y superior de temperatura máxima (Figura 4) que definen la gama de temperaturas que un anfibio puede tolerar (Angilletta *et al.*, 2002). En el límite inferior de la zona de resistencia está la temperatura baja no letal, lo que resultará en la rápida pérdida de conciencia, lo que se denomina temperatura crítica mínima ($TC_{\text{mín}}$). De igual manera en el límite superior de la zona de resistencia se encuentra la temperatura superior no letal, lo que se denomina la temperatura crítica máxima ($TC_{\text{máx}}$). Ahora una definición alternativa no letal para la $TC_{\text{mín}}$ y $TC_{\text{máx}}$ es que son las temperaturas cuando el individuo está

ecológicamente muerto, un ejemplo claro es la imposibilidad del individuo para voltearse o enderezarse. Es decir cuando alcanzan las $TC_{mín}$ y $TC_{máx}$ se presenta la falta de una respuesta para recuperar su postura normal, aparición de espasmos, el rigor de calor y otros, pero la aparición de espasmos musculares se recomienda como un extremo estándar en conjunto con la pérdida de respuesta (Hillman *et al.*, 2009).

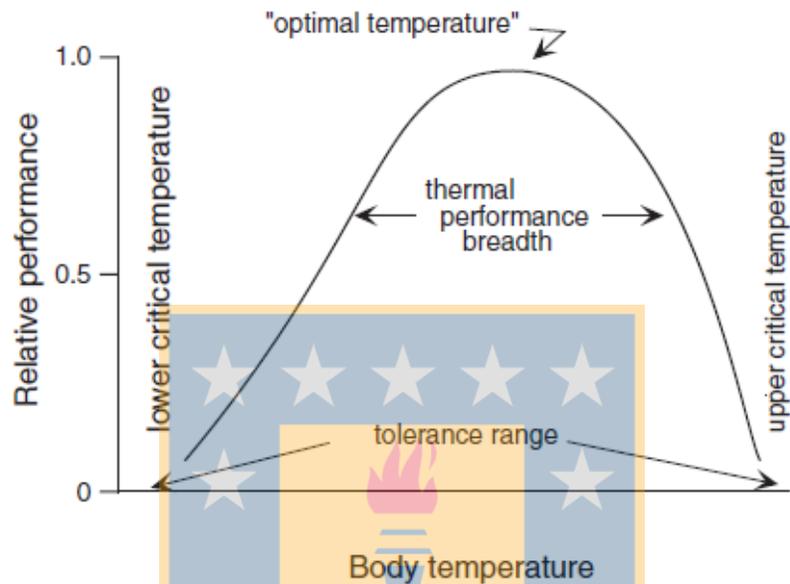


Figura 4. Gráfico rango de tolerancia de temperatura críticas máximas y temperaturas críticas mínimas. (Extraído de Zug *et al.*, 2001).

Los anfibios suelen responder a los prolongados cambios de temperatura, mediante el ajuste de sus tolerancias térmicas, esto es la aclimatación térmica. Numerosos investigadores han realizado trabajos sobre la aclimatación térmica en los anfibios, y por tanto han utilizado los rangos de temperatura crítica máxima ($TC_{máx}$) o temperatura crítica mínima ($TC_{mín}$) como medida de la tolerancia a la temperatura (Duellman & Trueb, 1986).

Alveal (2015) en su estudio sobre fisiología térmica, compara los parámetros térmicos de *Rhinella spinulosa* en tres poblaciones distribuidas en un gradiente latitudinal, en donde se determinó según los resultados del estudio que la especie tiene una alta tolerancia a $TC_{máx}$ y bajas $TC_{mín}$, además de demostrar que dicha especie es termoconformista en condiciones experimentales. En tanto Iturra-Cid y Ortiz (2010) entrega antecedentes sobre la variación geográfica de la fisiología térmica de tres poblaciones de *Pleurodema thaul* en Chile a través de la determinación de cinco rasgos

termorregulatorios, i.e., temperatura de preferencia (T_p), temperatura crítica máxima ($TC_{m\acute{a}x}$) y mínima ($TC_{m\acute{i}n}$), tasas de calentamiento (T_{cal}) y enfriamiento (T_{enfr}). En estos estudios se determinó que *P. thaul* podría estar respondiendo a los cambios de temperatura ambiental a través de los procesos de plasticidad fenotípica y adaptación local, para evitar efectos en su desempeño. Otros estudios como los de Vidal *et al.*, (2010) realizado en tres poblaciones de *Liolaemus tenuis* comparan la tasa de calentamiento en ambientes térmicos diferentes. Los resultados demostraron que las velocidades de calentamiento de *L. tenuis* mostraron una variación intraespecífica, en la población; esta variación intraespecífica en las tasas de calentamiento sugiere que puede tener un papel importante en condiciones naturales. Por lo tanto también puede constituir una adaptación para hacer frente a las variaciones de limitaciones térmicas impuestas al comportamiento de termorregulación.

5. *Batrachyla taeniata*.

Batrachyla taeniata, es también conocida como la ranita de antifaz, ya que ostenta como rasgo característico, una franja de pigmento a cada lado del rostro, los cuales van desde las narinas hasta el tímpano, a modo de antifaz. Esta es una ranita de tamaño mediano, de entre 23-42 mm de longitud hocico-cloaca, de cuerpo esbelto y extremidades largas (Figura 5). Dedos terminados en punta redondeadas; presenta una cabeza algo puntiaguda, de piel lisa, el color suele variar entre café, terracota y beige en la región dorsal y color crema en el vientre y de ojos negros con borde superior amarillo (Rabanal & Nuñez, 2009).



Figura 5. *Batrachyla taeniata*.

B. taeniata se distribuye desde la provincia de Aconcagua en la Región de Valparaíso hasta la provincia de capitán Prat en la Región de Aysén. Presenta una población marginal que se mantiene en Quintero (Chile central) está se encuentra en un bosque relicto rodeado de estepa semiárida de *Acacia caven* (Rabanal & Nuñez, 2009). Es común encontrar algunos especímenes de esta especie en zonas húmedas y sombrías, generalmente cercanas a cuerpos de agua lenticas y con abundancia de vegetación como juncos y helechos (Rabanal & Nuñez, 2009). Recientemente Correa *et al.* (2014) ha ampliado su distribución en forma latitudinal y altitudinal, extendiendo la presencia hasta Río Mosco en la región de Aysén.

Existe muy poca información sobre la conducta térmica de esta especie, encontrándose solo un estudio de temperatura corporal en condiciones de campo. Iturra-Cid y Ortiz (2010) utilizaron 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). Sin embargo, no existen datos sobre su conducta térmica en condiciones de laboratorio, por lo cual no se sabe si su condición de termoconformista se mantendrá al ser aclimatada o se producirá un cambio total en el comportamiento térmico. Junto a esto falta por dilucidar si existe un efecto del ambiente generando plasticidad fenotípica en la conducta térmica, lo que llevaría a que una población enfrentada a condiciones ambientales diferentes manifieste una conducta térmica desigual.

En base a lo anterior, es que el presente estudio busca analizar la respuesta térmica en los rasgos de $TC_{\text{mín}}$ y $TC_{\text{máx}}$ de una población de *B. taeniata*, en condiciones de laboratorio, siendo estas expuestas a distintas temperaturas de aclimatación.

DISEÑO DE INVESTIGACION

Enfoque: La presente investigación es de carácter cuantitativo, puesto que se recolectaron datos de un grupo de especímenes, con procesos de experimentación, y será necesario analizar estadísticamente los datos térmicos que se obtengan del proceso de experimentación (Hernández, Fernández & Baptista, 2010).

Método: La investigación sigue un método experimental, ya que se obtuvieron datos mediante experimentos para determinar las temperaturas críticas máximas y mínimas de la población a estudiar; y exploratorio ya que se investigan problemas poco estudiados en esta especie (Hernández, Fernández & Baptista, 2010).

Diseño: El presente estudio tiene un de diseño de carácter experimental, esto es debido a que se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes y exploratorio, en el que se investigas problemas como estudiados, y se prepara el terreno para nuevos estudios (efectos) (Hernández *et al.*, 2010).

Unidad temporal: La presente investigación, al ser de tipo experimental, sigue un diseño de investigación longitudinal o evolutiva, esto es, con el propósito de recolectar y analizar datos a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias (Hernández *et al.*, 2010). En este caso la investigación se extiende desde marzo a diciembre del presente año.

Variables:

Independientes

- La población de *B. taeniata* Con su Sexo, Masa-Talla (largo hocico-cloaca), y la temperatura de aclimatación (10°C y 20°C).

Dependiente

- Temperatura criticas máximas y mínimas (Laboratorio) y tasas de calentamiento y enfriamiento, Temperatura Corporal (Tc) (Campo y Laboratorio).

Población: La población de *B. taeniata* provenientes de un sector costero.

Muestra: La muestra corresponde a individuos de *B. taeniata* en estadio adulto las que son elegidas en forma probabilística, debido a que cualquier individuo tiene la misma probabilidad de ser elegido, y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de análisis (Hernández *et al.*, 2010).

Unidad de Análisis: La unidad de análisis corresponde a individuos adultos de la especie *Batrachyla taeniata*.

Análisis Fisiológico de las poblaciones:

Los especímenes fueron capturados en forma manual mediante el “Protocolo para el control de enfermedades infecciosas en Anfibios durante estudios de campo” (Lobos *et al.*, 2011). Se colectó un total de 12 individuos adultos en la Estación de Biología terrestre de la Universidad de Concepción, ubicada al interior del Parque Pedro del Río Zañartu, en las cercanías de la ciudad de Hualpen (figura 6).

Los individuos colectados fueron colocados en cajas acondicionadas y transportados al Laboratorio de Ecofisiología de Herpetozoos de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles. Se mantuvieron en cautiverio depositados en acuarios individuales de 15cm de ancho x 30cm de largo y 20cm de profundidad donde fueron mantenidos en cuarentena durante una semana a fin de evitar el contagio de agentes patológicos entre ellos, luego se han mantenido 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. Se aclimataron por un período de 2 semanas a 10°C en un régimen de fotoperiodo 10 horas luz y 14 horas oscuridad. Se alimentaron *ad libitum* cada tres días con una dieta compuesta de moscas y tenebrios.

Para realizar el estudio termorregulatorio tanto en terreno, como en laboratorio se registró los datos térmicos de cada individuo: Temperatura corporal de campo (T_{c_c}) la cual

corresponde a aquella temperatura de actividad registrada en condiciones de terreno (Labra y Vidal, 2003), Temperatura ambiental del sustrato (T_{a_s}). Pevio a cada experimento se registraron datos morfológicos, como: masa corporal mediante balanza digital OHAUS YA-100 de precisión 0,01 g y longitud hocico-cloaca (Cei, 1962) mediante un pie de metro digital Mitutoyo 6" de precisión 0,01 mm.

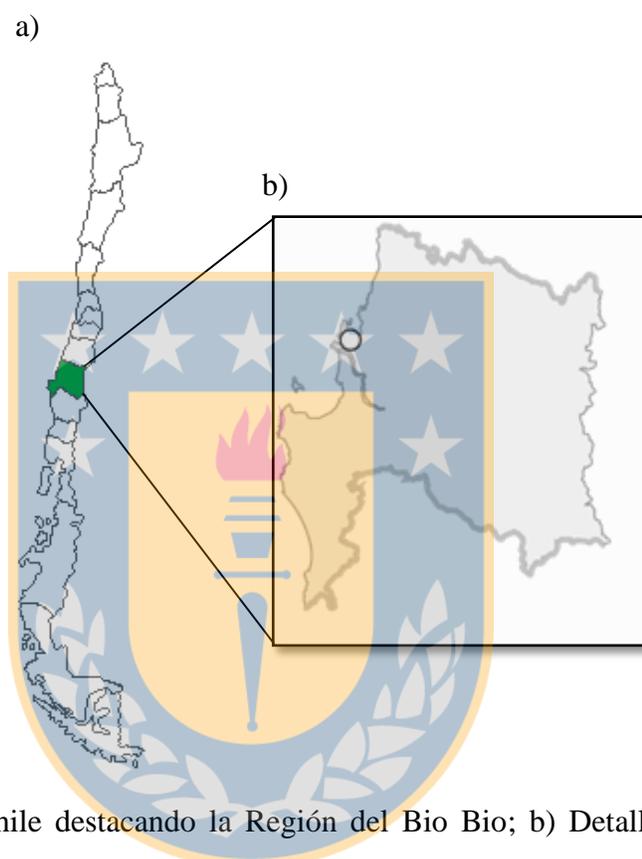


Figura 6. a) Mapa de Chile destacando la Región del Bio Bio; b) Detalle del sector Hualpen. El cual se encuentra a $73^{\circ}09'34''$ O y a $36^{\circ}47'46''$ S, a 15 msnm.

Para los análisis fisiológicos de laboratorio se calcularon los siguientes parámetros térmicos:

-Temperatura Crítica máxima ($TC_{máx}$): 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 $TC_{máx}$ el individuo debe estar a una temperatura constante similar a la temperatura encontrada en el ambiente (10°C aproximadamente). Para determinar la $TC_{máx}$ los especímenes se ubicaron dentro de un vaso precipitado de 2000 ml con papel filtro

humedecido y posteriormente el vaso con el individuo se fijó dentro de un baño termorregulado Arquimed YCW-01. Se registró la temperatura del dorso con un termómetro láser cada 30 segundos. La temperatura al interior del baño termorregulado aumento aproximadamente 1°C cada 30 segundos.

-Temperaturas Crítica mínima (TC_{\min}): es la temperatura del cuerpo más baja que puede ser tolerada por un organismo. Para determinarla el individuo debió estar a temperatura ambiente (20°C apróx.) y junto con el vaso precipitado se ubicó en el interior de un congelador. Se registró la T_c y T_a cada 2 minutos.

En ambos casos, la fase experimental duro hasta que el individuo perdió el reflejo de voltearse, correspondiendo la T_c a su TC_{\max} y TC_{\min} respectivamente (Brooks & Sassman, 1965; Labra *et al.*, 2001).

- Rango de Tolerancia Térmica: Es el rango de temperaturas delimitado por la TC_{\min} y TC_{\max} que son toleradas por un organismo (Cowles & Bogert 1944). Esta se calculo como la diferencia entre la TC_{\min} y TC_{\max} ($RTT=TC_{\max}-TC_{\min}$).

- Tasa de calentamiento (T_{cal}): Corresponde al tiempo que los individuos necesitan para calentarse de 10°C a 30°C (Vences *et al.*, 2002). Para ello se utilizó un baño termorregulado a una temperatura constante aproximadamente de 32°C y se ubicó el espécimen dentro de un vaso precipitado que contiene papel filtro humedecido. Se registró la T_c del dorso mediante termómetro láser cada 30 segundos hasta que alcanzan la temperatura de 30°C.

-Tasa de enfriamiento (T_{enfr}): Es el tiempo que un organismo necesita para enfriarse desde 30°C a 10°C (Vences *et al.*, 2002). Luego que se realizó 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 T_c cada 2 minutos mediante termómetro láser hasta que esta descendió a 10°C.

Posteriormente, las tasas de calentamiento y enfriamiento se transformaron en constantes de tiempo térmicas ($\tau = \tau$). Esta fue derivada 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 (T_{cal}): 30°C; T_a (T_{enf}): 10 ° C) y $b = -0,4343 / \tau$ (Cossins & Bowler, 1987).

En base al cálculo anterior, se utilizaron los términos de Constante de tiempo térmico para calentamiento (τ_{cal}) y enfriamiento (τ_{enf}) respectivamente en los análisis posteriores.

- **Plan de Análisis:** Los datos obtenidos, se analizaron con el programa estadístico SPSS versión 24; en el cual se realizaron análisis estadísticos no paramétricos, como el análisis correlacional de Spearman, y el Test de Wilcoxon, para analizar los datos de Campo y laboratorio.



RESULTADOS

Las temperaturas de los especímenes de *B. taeniata* tomadas en terreno, según el análisis de correlación no paramétrica de Spearman (ANEXO 1, Figura 7), nos muestran que la T_{c_c} tiene una positiva y fuerte correlación con la T_{a_s} ($r_s= 0,770$; $p= 0,001$), además se observa una correlación positiva y fuerte entre la masa y el tamaño de los individuos ($r_s=0,899$; $p= 0,000$), lo que indica que los individuos más grandes son a su vez los de mayor masa. Por otra parte, se determinó una correlación negativa y fuerte entre las variables de T_{a_s} y masa ($r_s= -0,650$; $p= 0,012$) y entre la T_{a_s} y el tamaño ($r_s= -0,619$; $p= 0,018$). Lo que indicaría que los individuos más grandes y/o con mayor masa se encuentran a temperaturas ambientales del sustrato menores. Sin embargo, no se evidencia relación entre las temperaturas corporales de los individuos y los parámetros morfométricos de masa y talla, destacando que las T_{c_c} y la masa registran una débil correlación negativa ($r_s= -0,525$; $p= 0,054$), mientras que no existe relación entre la T_{c_c} y la talla ($r_s= -0,442$; $p= 0,114$). Estos resultados nos sugieren que *Batrachyla taeniata* es termoconformista en condiciones de campo.

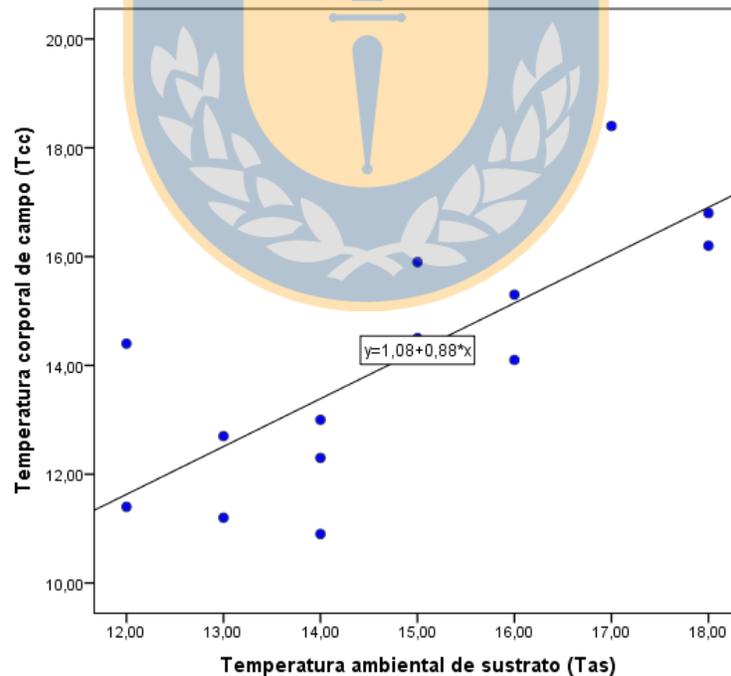


Figura 7. Correlación positiva entre la temperatura ambiental del sustrato (T_{a_s}) y la temperatura corporal de campo (T_{c_c}).

Tolerancias Térmicas

Los resultados obtenidos en laboratorio muestran que el RTT obtenido a través de los parámetros térmicos ($TC_{m\acute{a}x}$ y $TC_{m\acute{i}n}$), es muy amplio y este se ubicó en $37^{\circ}C$ estando aclimatados a $10^{\circ}C$ y en $38^{\circ}C$ estando a $20^{\circ}C$.

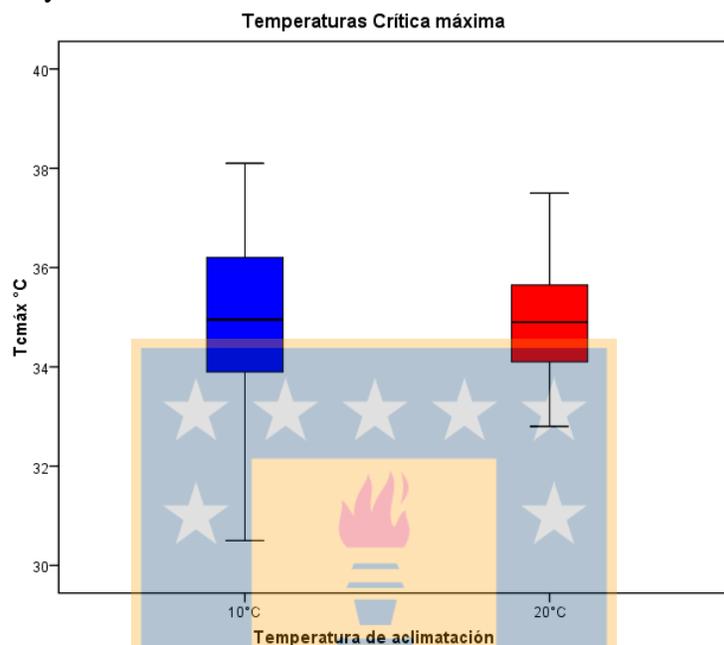


Figura 8. Temperaturas Críticas máxima ($TC_{m\acute{a}x}$) en adultos de *B. taeniata* de la localidad de Hualpen, aclimatados a $10^{\circ}C$ y $20^{\circ}C$.

Las $TC_{m\acute{a}x}$ estando aclimatados a $10^{\circ}C$ y $20^{\circ}C$, muestran que los especímenes alcanzan temperaturas altas bordeando los $36^{\circ}C$. Las temperaturas críticas máximas no varían notoriamente respecto de la temperatura de aclimatación (figuras 8 y 9). De esta manera se determinó que a $10^{\circ}C$ la $TC_{m\acute{a}x}$ alcanzó un promedio de $34,96 \pm 1,634^{\circ}C$, y las $TC_{m\acute{i}n}$ obtuvieron un promedio de $-3,17 \pm 0,640^{\circ}C$ (ANEXO 2). Mientras que estando aclimatados a $20^{\circ}C$ la $TC_{m\acute{a}x}$ estuvo en $34,93 \pm 1,162^{\circ}C$, determinándose para la $TC_{m\acute{i}n}$ un promedio de $-3,02 \pm 0,719^{\circ}C$.

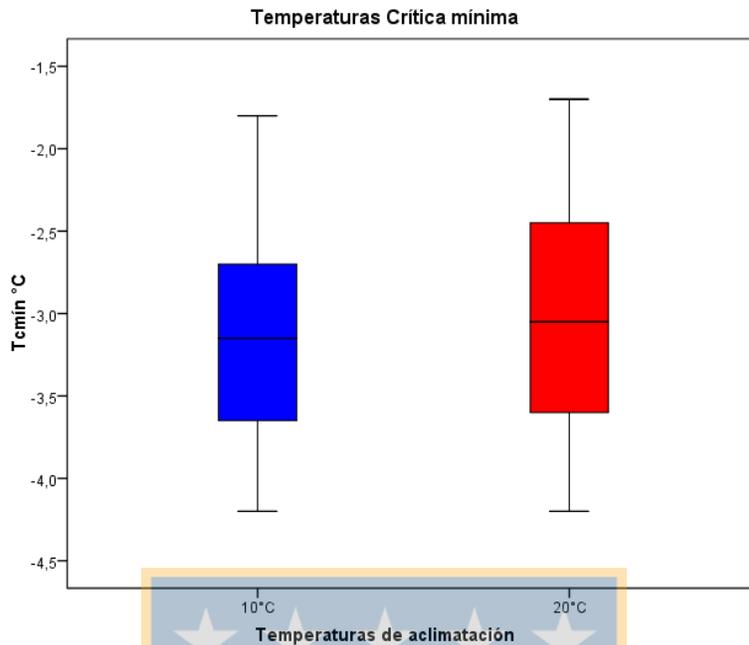


Figura 9. Temperaturas crítica mínima ($TC_{mín}$) en adultos de *B. taeniata* de la localidad de Hualpen, aclimatados a 10 y 20°C.

Las $TC_{mín}$ a 10 y 20°C muestran que los especímenes alcanzaron mínimas cercanas a -3°C (fig. 9) Según la prueba no paramétrica de Wilcoxon no se encontraron diferencias significativas entre las $TC_{máx}$ a diferente temperatura de aclimatación (Wilcoxon, $Z=-0,102$ y $P=0,919$); así mismo al ver las $TC_{mín}$ a las diferentes temperaturas de aclimatación tampoco se ven diferencias significativas (Wilcoxon, $Z=-0,731$ y $P=0,465$).

Constantes de tiempo térmico

Las constantes de tiempo térmico para el calentamiento a distintas temperaturas de aclimatación presentaron un promedio similar, con solo leves diferencias (figura 10, ANEXO 3), donde el promedio menor se obtuvo aclimatados a 20°C, lo que lleva a pensar a mayor temperatura de aclimatación *B. taeniata* se calienta más rápido. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre las t_{cal} a 10 y 20°C según el test de Wilcoxon ($Z=-0,827$ y $P=0,408$). Por lo que la temperatura de aclimatación no influye en la tasa de calentamiento.

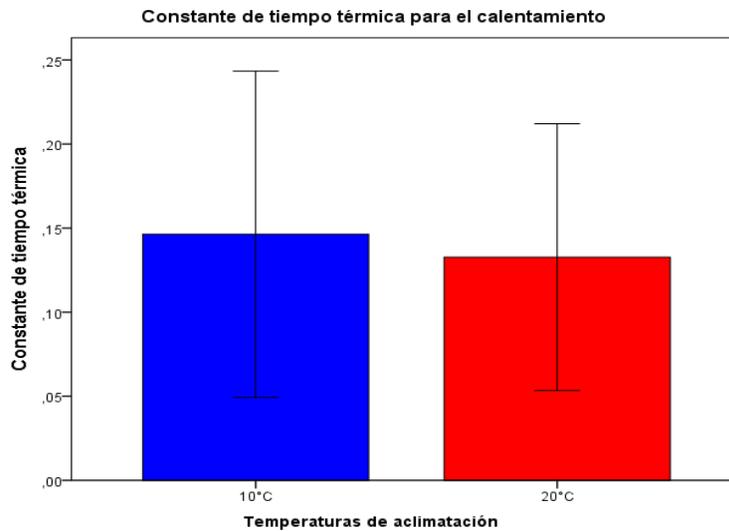


Figura 10. Constantes de tiempo térmicas de calentamiento (t_{cal}) en adultos de *B. taeniata* aclimatados a 10° (azul) y 20°C (rojo).

Ahora las constantes de tiempo térmicas de enfriamiento (t_{enfr}) a distintas temperaturas de aclimatación si demostraron un promedio con una diferencia significativa (Figura 11, ANEXO 3), en donde el promedio menor se obtuvo estando aclimatados a 20°C. Por lo que *B.taeniata* se enfría más rápido cuando es aclimatado a 20°C. También el test de Wilcoxon demostró que existe una diferencia significativa en las t_{enfr} a distintas temperaturas de aclimatación (Wilcoxon, $Z=-4,163$ y $P=0,000$).

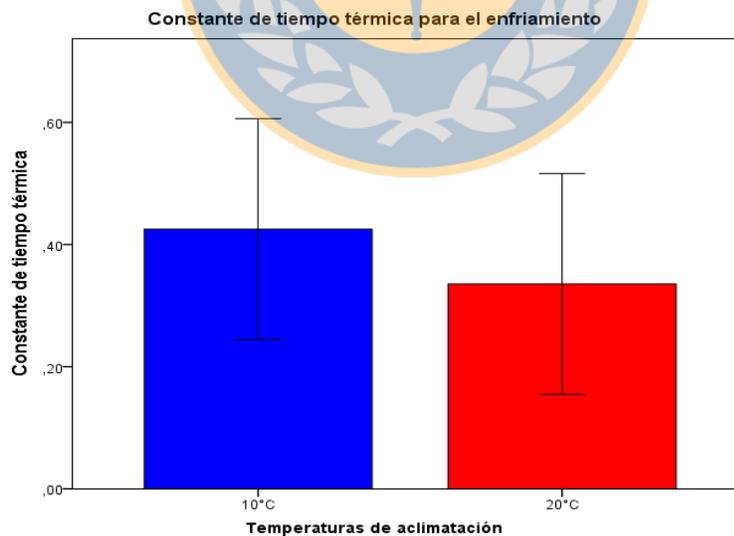


Figura 11. Constantes de tiempo térmicas de enfriamiento (t_{enfr}) en adultos de *B. taeniata* aclimatados a 10° (azul) y 20°C (rojo).

DISCUSIÓN

A partir de los datos obtenidos de los ejemplares analizados se obtiene que los especímenes de *Batrachyla taeniata*, tienen un rango de tolerancias térmicas (RTT) mayor al que esperaba, siendo mayor a 37°C cuando están aclimatados a 10°C y un RTT de 38°C al encontrarse aclimatados a 20°C. Resulta importante destacar que esta especie a pesar de poseer un tamaño reducido, puede soportar temperaturas altas superiores a 34°C y temperaturas bajo los -3°C. La tolerancia a estas temperaturas se ve relacionada con el amplio rango de distribución de la especie, siendo encontrados desde la provincia de Aconcagua hasta la provincia de Capitán Prat, enfrentando ambientes costeros con temperaturas ambientales constantes y otros en sectores precordilleranos con temperaturas sobre 30°C en verano y bajo 0°C en invierno (Rabanal & Nuñez, 2009).

Cabe destacar que los datos de T_{c} en terreno son superiores a los reportados por Iturra-Cid & Ortiz (2010). Para el presente estudio *B.taeniata* presento temperaturas entre 11,2 y 18,4°C y con animales completamente activos en forma diurna. Este aspecto resulta interesante, por cuanto demuestra una fuerte conducta termoconformista y tigmotérmica de la especie (Angilletta, 2009); considerando que tanto en el caso del trabajo de Iturra-Cid & Ortiz (2010) como en el presente estudio las correlaciones entre temperatura sustrato y temperatura corporal son muy altas y significativas. Las diferencias entre ambos estudios son atribuibles a las condiciones ambientales de los sitios de muestreo, por cuanto la población analizada por Iturra-Cid & Ortiz (2010) se encuentra a mayor latitud sur donde las condiciones climáticas representan temperaturas ambientales más bajas. Adicionalmente, en el presente estudio se logró comprobar que *B.taeniata* mantiene su carácter de termoconformista en condiciones de laboratorio.

Unido a esto, cabe destacar el amplio RTT de esta especie explica porque razón presenta este amplio rango de distribución, siendo encontrada en un lugar tan al norte como en las cercanías de Quintero en un bosque relicto rodeado de una espeta semiárida (Rabanal & Nuñez, 2009), soportando las altas temperaturas del lugar; cabe destacar que el amplio RTT nos muestra que esta es una especie euritérmica (Moyes & Schulte, 2007). Ahora viendo las altas y bajas temperaturas que esta especie es capaz de tolerar, junto con su amplio RTT nos da la idea que *B. taeniata* podrá sobrevivir frente a un eventual cambio

climático en sus distintos hábitats, como por ejemplo una alza en las temperaturas ambientales, esto siendo demostrado por la capacidad de vivir en el bosque relicto semiárido de Quintero.

Los resultados muestran la ausencia de un efecto de la temperatura de aclimatación sobre las conductas térmicas de $TC_{m\acute{a}x}$ y $TC_{m\acute{i}n}$ en los especímenes de *Batrachyla taeniata* estudiadas, por lo que no habría un carácter plástico en la respuesta térmica.

Al ver las t_{cal} a distintas temperaturas de aclimatación no podemos ver diferencias significativas entre estas, lo cual da entender que sin importar la temperatura de aclimatación estas se calientan a la misma velocidad. Mientras que al ver las t_{enfr} se puede ver una significativa diferencia entre las dos temperaturas de aclimatación lo cual demuestra que la temperatura de aclimatación si afecta la rapidez en la que se enfrían las *Batrachyla taeniata*, lo cual nos muestra que a mayor temperatura de aclimatación más rápido estos se enfrían; lo que concuerda con lo predicho en la literatura (Angilletta, 2009). Estos resultados demuestran que pueden aprovechar de mejor manera los recursos térmicos que tienen disponibles, lo que puede ser clave en la adecuación biológica de un ectotermo (Iturra-Cid 2010). Las tasas de calentamiento o enfriamiento podrían permitir a un organismo alcanzar la temperatura corporal óptima necesaria de forma rápida y además, mantenerla por largos períodos de tiempo (Christian & Tracy 1983).

CONCLUSIONES

- *B. taeniata* presenta un comportamiento termoconformista, tanto en condiciones de campo.
- *B. taeniata* posee un amplio RTT tolerando $TC_{\text{máx}}$ sobre $34,96 \pm 1,40$ y $TC_{\text{mín}}$ $-3,09 \pm 0,68$, lo cual muestra que es una especie euritérmica, esto respalda su gran distribución geográfica
- No se observan diferencias en las respuestas térmicas a distintas temperaturas de aclimatación.
- *B. taeniata* posee una tasa de enfriamiento menor a mayor temperatura de aclimatación lo que implica que a mayor temperatura este puede enfriarse más rápido.



ALCANCES DEL ESTUDIO

Se logró responder a los primeros antecedentes de conducta térmica de *B. taeniata* en laboratorio, pero falta aún por comprobar si existen diferencias a nivel poblacional, por lo que habría que aumentar el número de muestras, así como la cantidad de poblaciones para tomar dichas muestras.

Gracias a todo el procedimiento que se ha realizado durante la investigación se logró aprender en forma empírica el método científico, adquiriendo habilidades para el desarrollo de metodologías de experimentación en laboratorio, las cuales son de gran relevancia en la formación docente de un profesor de ciencias.



BIBLIOGRAFIA

- Addo-Bediako, A., Chown, S. & Gaston, K. (2000). Thermal tolerance, climatic variability and latitude. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 267, 739-745.
- 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 Magister, Universidad de Concepción.
- Andrewartha, H. & Birch, L. (1954). The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press. Chicago.
- Angilletta, M. J., Niewiarowski, P. H., & Navasc, C.A. (2002). The evolution of the thermal physiology in ectotherms. *Journal of Thermal Biology*, 27, 249–268.
- Angilletta, M. (2009). Thermal adaptation a theoretical and empirical synthesis. Oxford University Press, USA.
- Bickford, D., Howard, S., Ng, D. & Sheridan J. (2010) Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. *Biodiversity Conservation*. 19, 1043-1062.
- Boutilier, R., Stiffler, F. & Toews, D. (1992). Exchange of respiratory gases, ions, and water in amphibious and aquatic amphibians: 81-124pp. En *Environmental Physiology of the Amphibians* (eds.) Feder, M. & Burggren, W. Chicago University of Chicago Press.
- Brooks, G. & Sassman, J. (1965). Critical thermal maxima of larval and adults *Eurycea bislineana*. *Copeia* 1965, 251-252.
- Clusella-Trullas, S., Terblanche, J., Van Wyk, J. & J. Spotila, J. (2007). Low repeatability of preferred body temperature in four species of cordylid lizards: temporal variation and implications for adaptive significance. *Evolutionary Ecology*. 21, 63-79.

- Cei, J. (1962). Batracios de Chile. Ediciones Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Celis-Diez JL, S Ippi, A Charrier & C Garín (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.
- 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.
- Díaz, J., Bauwens, D. & Asensio, B. (1996). A comparative study of the relation between heating rates and ambient temperatures in lacertid lizards. Physiological Zoology. 69, 1359-1383.
- Duellman, W. & Trueb, L. (1986). Biology of Amphibians. Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- Dunson, W. & Travis, J. (1991). "The role of abiotic factors in community organization". American Naturalist. 138, 1067-1091.
- Falvey, M. & Garreaud, R. (2009) Regional cooling in warming world: recent temperatures trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979-2006). Journal of Geophysical Research. 114, D04102.

- Feder, M. & Burggren, W. (1985). Cutaneous gas exchange in vertebrates: design, patterns, control and implications. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 60, 1-45.
- Ghalambor, C., Huey, R., Martin P., Tewksbury J. & Wang G. (2006). Are mountain passes higher in the tropics?. Janzen's hypothesis revisited. *Integrative and Comparative Biology*. 46, 5-17.
- Hadfield, S. (1966). Observations on body temperature and activity in the toad *Bufo woodhousei fowleri*. *Copeia* 1966, 581-582.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. del P. (2010). Metodología de la Investigación. 5ta. edición. México: Mc Graw-Hill.
- Hillman, S. S., Withers, P. C., Drewes, R. C. & Hillyard, S. D. (2009). Ecological and Environmental Physiology of Amphibians. Oxford university Press. Vol 1. Estados Unidos de America United States– New York.
- Hochachka, P. & Somero, N. (2002). Biochemical Adaptation. Oxford university Press. Oxford.
- 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.
- Huey, R. (1991). Physiological consequences of habitat selection. *American Naturalist* 137, 91–115.
- Iturra, M. & Ortiz, J. (2010) *Batrachyla taeniata* (ncn). Body Temperature. Concepción. *Herpetological review*. 41(3), 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": 439-466. In M.E. Feder y W.W. Burggren (eds.). Environmental physiology of the amphibians. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.

Labra, M., Soto-Gamboa, M. & Bozinovic, F. (2001). Behavioral and physiological thermoregulation of Atacama Desert – dwelling *Liolaemus* lizards. *Ecoscience*. 8 (14), 413-420.

Labra, A. & Vidal, M. (2003). Termorregulación en reptiles: un veloz pasado y un futuro lento: 207-224pp. En: Bozinovic, F. (eds.) Fisiología ecológica y evolutiva. Teoría y casos de estudio en animales. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Labra, A., Vidal, M.A., Solis, R. & Penna, M. (2008). Ecofisiología de anfibios y reptiles: 483-516pp. En: Vidal, M. & Labra, A. (eds). Herpetología de Chile. Ediciones Science Verlag, Chile.

Lobos, G., Vidal, M., Labra, A., Correa, C., Rabanal, F., Díaz-Páez, H., Alzamora, A. & Soto, C. (2011). Protocolo para el control de enfermedades infecciosas en Anfibios durante estudios de campo. Red Chilena de Herpetología (Recuperado de <http://www.herpetologiadechile.cl/index.html>).

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.

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.

- Navas, C. (1999). Biodiversidad de anfibios y reptiles en el Páramo: una visión eco-fisiológica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23, 465-474.
- Parnesan, C. & Yohe, G. (2003). A globally Coherent fingerprint of climate change impacts across natural system. *Nature*. 421, 37-42.
- Pearson, O. & Bradford, D. (1976). Thermoregulation of lizards and toads at high altitudes in Perú. *Copeia* 1976, 155–170.
- Rabanal, F. & Núñez, J. (2009) *Anfibios de los Bosques Templados de Chile*. Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Sinsch, U. (1989). Behavioural thermoregulation of the Andean toad (*Bufo spinulosus*) at high altitudes. *Oecologia*. 80, 32–38.
- Tewksbury, J., Huey, R. & Deutsch, C. (2008). Putting the heat on tropical animals. *Science*. 320, 1296–1297.
- 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.
- Urbina-Cardona, J. & Flores-Villela, O. (2010). Ecological-Niche Modeling and Prioritization of Conservation-Area Networks for Mexican Herpetofauna. *Conservation Biology*. 24 (4), 1031–1041.
- 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., Habit, E., Victoriano, P., González-Gajardo, A. & Ortiz, J. (2010). Thermoregulation and activity pattern of the high-mountain lizard *Phymaturus palluma* (Tropiduridae) in Chile. *Zoología*. 27 (1), 13-18.
- Zug, G., Vitt, L. & Caldwell, J. (2001). *Herpetology an introductory*: 177-196pp. In. *Biology of amphibians and Reptiles*. 2nd edition, San Diego: Academic Press.

ANEXOS

ANEXO 1. Tabla de correlación no paramétrica de Spearman de *B. taeniata* obtenida en terreno.

Correlaciones						
			Tas (°C)	Tcc (°C)	Masa (g)	Tamaño (mm)
Rho de Spearman	Tas	Coeficiente de correlación	1,000	,0770**	-0,650*	-0,619*
		Sig. (bilateral)	.	0,001	0,012	0,018
		N	14	14	14	14
	Tcc	Coeficiente de correlación	0,770**	1,000	-0,525	-0,442
		Sig. (bilateral)	0,001	.	0,054	0,114
		N	14	14	14	14
	Masa	Coeficiente de correlación	-0,650*	-0,525	1,000	0,899**
		Sig. (bilateral)	0,012	0,054	.	0,000
		N	14	14	14	14
	Tamaño	Coeficiente de correlación	-0,619*	-0,442	0,899**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,018	0,114	0,000	.
		N	14	14	14	14
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).						
* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).						

ANEXO 2. Tabla de análisis estadístico descriptivo de TC_{max} y TC_{min} de *B. taeniata*.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
TCmax	36	31	38	34,96	1,634
TCmin	36	-4	-2	-3,17	,640
N válido (por lista)	36				

ANEXO 3. Constantes de tiempo térmico de *B. taeniata*

	Temperaturas de aclimatación	
	10°C	20°C
t_{cal}		
Media ±SD	0,1463±0,0485	0,1327±0,0396
Rango min - máx	0,08/0,28	0,08/0,18
t_{cal}		
Media ±SD	0,4252±0,0904	0,3354±0,0904
Rango min - máx	0,35/0,57	0,18/0,57

