



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
ECOLOGÍA

**Ecología térmica de *Abronia taeniata* (Reptilia: Anguidae) y su susceptibilidad ante el calentamiento global.**

# **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**NATALIA FIERRO ESTRADA**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. FAUSTO R. MÉNDEZ DE LA CRUZ**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA

**COMITÉ TUTOR: DR. ANDRÉS GARCÍA AGUAYO**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
**DR. ISAÍAS H. SALGADO UGARTE**  
FES- ZARAGOZA

MÉXICO, D.F.

SEPTIEMBRE, 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
ECOLOGÍA

**Ecología térmica de *Abronia taeniata* (Reptilia: Anguidae) y su  
susceptibilidad ante el calentamiento global.**

# **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**NATALIA FIERRO ESTRADA**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. FAUSTO R. MÉNDEZ DE LA CRUZ**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA

**COMITÉ TUTOR: DR. ANDRÉS GARCÍA AGUAYO**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
**DR. ISAÍAS H. SALGADO UGARTE**  
FES- ZARAGOZA

MÉXICO, D.F.

SEPTIEMBRE, 2013



**Dr. Isidro Ávila Martínez**  
Director General de Administración Escolar, UNAM

*Presente*

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 29 de julio de 2013, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** de la alumna **FIERRO ESTRADA NATALIA** con número de cuenta **405059469** con la tesis titulada **"Ecología térmica de *Abronia taeniata* (Reptilia: Anguidae) y su susceptibilidad ante el calentamiento global"**, realizada bajo la dirección del **DR. FAUSTO ROBERTO MÉNDEZ DE LA CRUZ**:

- Presidente: DR. MARTÍN MARTÍNEZ TORRES
- Vocal: DRA. MARGARITA MARTÍNEZ GÓMEZ
- Secretario: DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
- Suplente: DR. GUILLERMO ALFONSO WOOLRICH PIÑA
- Suplente: DR. ANDRÉS GARCÍA AGUAYO

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria, D.F., a 26 de agosto de 2013.

**DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA**  
**COORDINADORA DEL PROGRAMA**

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

## **AGRADECIMIENTOS**

Al posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM por todas las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de este proyecto.

Al CONACyT por el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto, así como mis estudios de maestría. (Beca número: 262612).

Al PAPIIT/DGAPA (IN215011) por el apoyo económico concedido para realizar las salidas a campo de este estudio.

A los miembros de mi comité tutor, Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz, Dr. Andrés García Aguayo y Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, por el tiempo que brindaron para las múltiples revisiones de esta investigación, por guiarme, apoyarme y compartirme conocimientos.

## Agradecimientos a título personal

Al Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz, por todo su invaluable apoyo durante el transcurso de mis estudios de maestría, por siempre creer en mí y en que era posible estudiar *Abronia*, por dedicarme recursos y tiempo para orientarme y compartir conocimientos y experiencias.

A los miembros del jurado de tesis: Dr. Martín Martínez Torres, Dra. Margarita Martínez Gómez, Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, Dr. Guillermo A. Woolrich Piña y Dr. Andrés García Aguayo, por el tiempo brindado para la revisión de este estudio, por sus comentarios y sugerencias para nutrir y mejorar el escrito.

Al Dr. Barry Sinervo, por su ayuda y orientación para la realización de los modelos de predicción de extinción.

Al Biól. Tomás E. Villamar Duque, por compartirme amablemente valiosos conocimientos acerca de las *Abronia*, por sus numerosos consejos y experiencias para que el trabajo en campo fuera exitoso, por brindarme sin ningún interés sus investigaciones para la realización de este estudio.

A los 41 organismos de *Abronia taeniata*, sin ellos este trabajo no sería posible.

A todos aquellos que cedieron su tiempo para ayudarme en las colectas, por soportar las inclemencias del estado del tiempo, por no frustrarse si no encontrábamos organismos, por aguantar mis regaños y enojos mientras conducían, pero sobre todo por animarme a seguir buscando *Abronia* hasta en los lugares no imaginados.

A Edgar Barragán, por tu amor, comprensión, ayuda, compañerismo, cuidados, por las risas y los momentos especiales, por apoyarme desde antes de comenzar esta aventura, por los ánimos para seguir, por soportar mis ausencias, por las aportaciones para que este estudio saliera bien, por aprender tanto de las Abzonias, de corazón infinitas gracias por ser parte importante e indispensable de mi vida.

A mi familia:

José Juan Fierro y Rosa Ma. Estrada, por toda su comprensión y apoyo para la realización de mis estudios, por estar siempre pendiente de mí, infinitas gracias por su amor y cuidado. Los admiro y amo.

A mi hermana Lilián Fierro, por todo tu amor y cariño, por cuidar dedicadamente a mis hijos en mi ausencia, eres la mejor hermana del mundo.

A mi abuelita Rosario Palacios, por tu inmenso cariño, por preocuparte siempre por mí y por estar pendiente de mí.

A Mirna, Hugo y Fauno (Beto), porque aparte de ser unos excelentes compañeros, en estos dos años me han ofrecido su amistad, gracias por todos los cafés brindados en el ib, por las risas, por las pláticas, los consejos, su ayuda, las levantadas de ánimos, sus chistes y ocurrencias, que en definitiva hacen más grata mi estancia en el ib.

A Aníbal y Rafa, por orientarme, por resolverme dudas, por compartirme conocimientos y experiencias, por sus consejos y ayuda para que este trabajo saliera bien.

A mis sinceros amigos, Karen, Sergio y Yazmin, por compartirme incontables horas de su vida a distancia, por estar siempre dispuestos a escucharme y apoyarme, su amistad es invaluable, los Quiero!!!

A Andy Barragán, por tu especial ayuda y empeño en la realización de los modelos operativos y en que estos fueran lo más parecido a una Abronia.

A mis hijos C, J, T, A, S †, C y Z, por darme motivos para sonreír.

## **Dedicatoria**

A ti, que a pesar de ya no estar presente físicamente siento tu cariño y cuidados todos los días, te extraño enormemente y sé que este logro en mi vida te hubiera llenado de inmensa satisfacción. Por ser un gran ejemplo a seguir y porque fuiste el mejor abuelito que me pudo tocar.

## Índice

Resumen .....	1
Abstract .....	3
Introducción.....	5
Saurios tigmotérmicos .....	7
Euritermia .....	7
¿Cómo influye el Calentamiento global a los saurios? .....	8
Antecedentes .....	11
Justificación .....	13
Hipótesis .....	13
Descripción de la especie .....	14
Morfología .....	14
Ecología .....	15
Distribución .....	15
Tipo de vegetación .....	16
Microhábitat .....	16
Presencia y Ocupación .....	16
Reproducción .....	17
Uso .....	17
Factores de riesgo .....	17
Conservación .....	17
Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie .....	18
Objetivo General .....	19
Objetivos Particulares .....	19
Material y Método .....	20

Zona de estudio .....	20
Toma de datos .....	20
Resultados .....	24
Calibración de modelo nulo .....	24
Temperaturas Corporales .....	25
Temperaturas Operativas .....	26
Índice de Eficiencia térmica .....	34
Diferencia de las temperaturas corporales entre sexos .....	37
Relación Longitud hocico cloaca (LHC) -Tc y peso-Tc .....	37
Temperaturas Seleccionadas .....	39
Susceptibilidad de <i>Abronia taeniata</i> ante el calentamiento global .....	40
Discusión .....	44
Conclusiones .....	48
Literatura Citada .....	49

## Índice de figuras y cuadros

Fig. 1 Ejemplar de <i>Abronia taeniata</i> .....	14
Fig. 2 Mapa de distribución de <i>Abronia taeniata</i> (IUCN).....	15
Fig. 3 Distribución potencial de <i>Abronia taeniata</i> (Ochoa-Ochoa et. al., 2006).....	16
Fig. 4 Correlación entre las Tc y las temperaturas del modelo de pvc relleno de silicón.....	24
Fig. 5 Temperaturas corporales de <i>A. taeniata</i> por estación.....	25
Fig. 6 Comparación de temperaturas corporales (barras de colores, Tc) y temperaturas de seleccionadas (recuadros azules, Tsel) de <i>A. taeniata</i> por estación.....	26
Fig. 7 Comparación de las To por estación del año.....	27
Fig. 8 Comparación de las Temperaturas operativas (To) entre estaciones.....	29
Fig. 9 Comparación de intervalos de actividad de <i>Abronia taeniata</i> .....	31
Fig. 10 Comparación de temperaturas de otoño.....	32
Fig. 11 Comparación de temperaturas de invierno.....	33
Fig. 12 Comparación de temperaturas de primavera.....	33
Fig. 13 Temperaturas corporales, sustrato y aire en <i>A. taeniata</i> .....	35
Fig. 14 Relación entre la Tc y la Ts.....	36
Fig. 15 Relación entre la Tc y la Ta.....	36
Fig. 16 Comparación de Tc entre sexos de <i>Abronia taeniata</i> .....	37
Fig. 17 Relación entre la Tc – Peso.....	38
Fig. 18 Relación entre la Tc – LHC.....	38
Fig. 19 Temperaturas seleccionadas en las diferentes épocas del año en gradiente por <i>A. taeniata</i> .....	39
Fig. 20 Predicción de extinción utilizando la información de otoño para <i>Abronia taeniata</i> .....	41
Fig. 21 Predicción de extinción utilizando la información de invierno para <i>Abronia taeniata</i> .....	41
Fig. 22 Predicción de extinción usando la información de primavera para <i>Abronia taeniata</i> .....	42
Fig. 23 Predicción de extinción utilizando la información de verano para <i>Abronia taeniata</i> .....	42
Fig. 24 Predicción de extinción general, usando toda la información obtenida para <i>Abronia taeniata</i> .....	43
Cuadro 1. Índices de eficiencia térmica.....	34

## Resumen

En los animales la temperatura corporal juega un papel importante, ya que es la base para que se lleve a cabo casi cualquier proceso metabólico, como la alimentación, la respiración y el transporte de nutrientes. Esto repercute en funciones como el reproducirse, huir de depredadores y cazar. Los reptiles son organismos ectotermos, es decir, dependen del ambiente para obtener y regular su temperatura corporal. Debido a la forma en la que obtienen calor se divide a los organismos en dos tipos: Los que aprovechan la energía directa del sol y por convección (calor en el aire) son denominados heliotermos y los que utilizan la energía térmica mayormente por conducción del sustrato y por convección, se les conoce como organismos tigmotermos. Aunado a esto existen dos estrategias para regular la temperatura corporal ( $T_c$ ), a) organismos termorreguladores: mantienen relativamente constante su  $T_c$  y b) termoconformistas: organismos cuya  $T_c$  varía directamente con la temperatura del ambiente. La temperatura del hábitat tiene una implicación importante en la conducta, fisiología y supervivencia de los organismos; si la temperatura del hábitat se modifica y no les brinda las condiciones para sus actividades biológicas, los organismos se verán perjudicados. Este perjuicio puede llevar a las poblaciones hasta la extinción. Este estudio aborda detalles de la termorregulación de *Abronia taeniata* para plantear el grado de susceptibilidad de esta especie ante el calentamiento global. Para ello se registraron las  $T_c$  de 41 organismos en campo, las temperaturas del aire ( $T_a$ ) y temperaturas del sustrato ( $T_s$ ); además se registró el peso y la longitud hocico-cloaca (LHC); los organismos fueron colocados en un gradiente térmico del cual se obtuvieron las temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ) y se registraron las temperaturas operativas ( $T_o$ ) mediante modelos nulos. Se encontró que *A. taeniata* se comporta como un organismo termoconformista facultativo, mostró ser una especie euritérmica, las  $T_c$  fueron significativamente diferentes entre temporadas ( $F= 13.38$ ,  $p < 0.001$ ); las  $T_o$  también mostraron diferencias significativas ( $H= 6170.69$ ,  $p < 0.001$ ); Se observó que las  $T_o$  de primavera fueron diferentes a las de otoño e invierno, se obtuvo un índice de eficiencia térmica para cada estación (Otoño:  $E=0.59$ , Invierno:  $E=0.62$  y

Primavera:  $E = -0.71$ ), se encontró relación entre las  $T_a$  y la  $T_c$  ( $T_c - T_a$ :  $r = 0.87$ ,  $p = 0.00$ ,  $r^2 = 0.76$ ); de igual forma entre la  $T_s$  y la  $T_c$  ( $T_c - T_s$ :  $r = 0.86$ ,  $p = 0.00$ ,  $r^2 = 0.73$ ), por lo que la  $T_c$  mostró estar altamente influenciada por la temperatura de su entorno. No se observaron diferencias entre las  $T_c$  de machos y hembras ( $t = -0.25$ ,  $p = 0.81$ ); tampoco se encontró relación entre el peso y la  $T_c$  ( $r = 0.15$ ,  $p = 0.47$ ), ni entre la LHC y la  $T_c$  ( $r = 0.13$ ,  $p = 0.534$ ). Por último el modelo de predicción de extinción ante el calentamiento global muestra que en las temporadas frías del año (otoño e invierno) el incremento en las temperaturas podría favorecer a los organismo; en las temporadas más cálidas del año (primavera y verano) la proyección predice que las extinciones comenzarán en el año 2100, y el modelo general sugiere que las extinciones comenzarán en el año 4100.

Palabras claves: *Abronia taeniata*, ecología térmica, termoconformista, tigmotérmica, euritérmica.

## Abstract

The body temperature plays an essential role in animals. Therefore, this factor is fundamental to regulate almost every metabolic process, such as feeding, breathing and digestion. Moreover, the proper balance of temperature is vital to its natural history such as survival, reproduction, evading natural predators and hunting. Reptiles are ectothermic organisms, which mean that they depend on the physical environment to obtain and regulate their body temperature. The organisms are divided into two distinct categories after considering their manner of gaining heat. The organisms that utilize the sun's direct rays and convection (heat in the air) are referred as heliotherms and those that gain thermal energy, principally through conduction from substrate and convection, are known as thigmotherms. Applicable to the aforementioned, there are two specific strategies to regulate body temperature ( $T_c$ ): a) thermoregulatory organisms: when its  $T_c$  remains relatively constant, and b) thermoconformators: in these organisms the  $T_c$  varies in direct correspondence with the environmental temperature. Therefore why the temperature of the habitat has a prominent impact on behavior, physiology and the survival of organisms. Consequently, if the temperature of the habitat were modified with no proper intervals of heat perform its biological activities, the organisms would be harmed. This situation could prompt populations to reach extinction. This study addresses the components attributed to the thermoregulation of *Abronia taeniata* and intends to examine the degree of susceptibility of this species to global warming. In total, the  $T_c$  of 41 organisms was recorded in the field by measuring the air temperatures ( $T_a$ ) and substrate temperature ( $T_s$ ) for each specimen collected, weight and the snout-vent length (LHC) were recorded. Lately, the organisms were placed in a thermal gradient to obtained the selected temperatures ( $T_{sel}$ ), while operating temperatures ( $T_o$ ) were documented by deploying physical models in the natural perching sites. It was found that *A. taeniata* behaves as a facultative thermoconformist organism, proved to be an eurythermal species; the  $T_c$  were significantly different between seasons ( $F = 13.38$ ,  $p = <0.001$ ); as the  $T_o$  also found with significant variances ( $H = 6170.69$ ,  $p = <0.001$ ); it was determined that the spring season

was distinct from autumn and winter, therefore I calculate a thermal efficiency rating for each season (Autumn:  $E = 0.59$ , Winter:  $E = 0.62$  and Spring:  $E = -0.71$ ); a relationship was found between  $T_a$  and  $T_c$  ( $T_c - T_a$ :  $r = 0.87$ ,  $p = 0.00$ ,  $r^2 = 0.76$ ) and between  $T_s$  and  $T_c$  ( $T_c - T_s$ :  $r = 0.86$ ,  $p = 0.00$ ,  $r^2 = 0.73$ ). No differences were observed between the  $T_c$  of males and females ( $t = -0.25$ ,  $p = 0.81$ ), neither any correlation was found between weight and  $T_c$  ( $r = 0.15$ ,  $p = 0.47$ ) or between the LHC and the  $T_c$  ( $r = 0.13$ ,  $p = 0.534$ ). Finally the prediction model of extinction resulting from global warming illustrates that during the colder seasons of the year (autumn and winter) higher temperatures could favor the organism while during the warmer seasons (spring and summer) the projection predicts that extinctions would begin by 2100, and the overall pattern suggests that extinctions would commence by the year 4100.

Keywords: *Abronia taeniata*, thermal ecology, thermoconformity, thigmothermic, eurythermal.

## Introducción

En los animales, la temperatura corporal juega un papel importante, ya que es un componente físico fundamental para que se lleve a cabo correctamente casi cualquier proceso metabólico como la digestión, la respiración y el transporte de nutrientes. Esto a su vez repercute en funciones ecológicas de vital importancia para las especies como reproducirse, huir de depredadores, cazar, etc. (Zug *et al.*, 2001). Algunos organismos tienen la capacidad de generar su propia temperatura corporal, como los mamíferos y las aves, estos organismos son denominados endotermos. En cambio, animales como los reptiles son denominados organismos ectotermos, en referencia a que no tienen la capacidad de generar su propia temperatura corporal y dependen del ambiente para obtenerla y, de ser posible, regularla.

En específico, los saurios pueden recibir la energía térmica directa o indirectamente, existen 3 formas de obtención de ésta: por la radiación solar reflejada, el calor del sustrato (conducción) y el calor en el aire (convección). A los organismos que obtienen la energía directa del sol y por convección, se les denomina heliotermos y aquellos que utilizan la energía térmica principalmente por conducción de una piedra o del sustrato y por convección, se les conocen como organismos tigmotermos. Aunado a esto existen dos estrategias de aprovechamiento de la temperatura corporal ( $T_c$ ): organismos **termorreguladores**, los cuales mantienen relativamente su  $T_c$  constante a pesar de las variaciones de la temperatura ambiental, y los **termoconformistas**, en éstos organismos su  $T_c$  varía directamente con la fluctuación de la temperatura del ambiente (Zug *et al.*, 2001).

En el caso de los saurios, se sabe que pueden termorregular mediante dos mecanismos, por ajustes conductuales o fisiológicos y se asume que estos mecanismos son adaptativos para cada especie (Huey y Slatkin, 1976).

La termorregulación conductual se basa en una selección acorde con el sitio en que habita el organismo a) mediante la exposición directa a los rayos del sol, cuando el organismo se encuentra frío o bien cuando decide moverse a la sombra después de haber alcanzado la temperatura deseada (Cowles y Bogert, 1944 y Huey y Slatkin, 1976), b) realizando cambios de postura, lo que modifica la superficie corporal expuestas a las fuentes de calor (Huey, 1982) y, por último, c) regulando los tiempos de actividad (Huey y Slatkin, 1976). Todas estas acciones están dirigidas a la ganancia o a la pérdida de calor. Es por esto que la elección adecuada de un microhábitat es vital en la termorregulación de los organismos, ya que les permite evitar el sobrecalentamiento corporal, las temperaturas extremadamente bajas y la capacidad de mantener una temperatura en la que puedan desarrollar sus actividades (Huey *et al.*, 1989 y Huey, 1974). Sin embargo, dentro de la misma especie existen diferencias importantes que determinan diferentes retos para regular la temperatura.

Se ha registrado que el tamaño corporal de los organismos influye en su tasa de calentamiento y enfriamiento (Cruz *et al.*, 2005), por ejemplo, se sabe que un gecko pequeño muestra una baja inercia térmica como consecuencia de su tamaño corporal, lo que provoca que pierda calor más rápidamente que un gecko adulto y/o de mayor talla (Marquet *et al.*, 1990).

También existe diferencia en la termorregulación entre sexos de la misma especie (Patterson y Davies, 1978; Van Damme *et al.*, 1986), y entre condición reproductora (Rock *et al.*, 2000). Se ha registrado que en algunas especies las hembras gestantes presentan temperaturas corporales más bajas que las hembras no gestantes con la finalidad de no comprometer a los embriones (Patterson y Davies 1978; Beuchat 1986; Van Damme *et al.*, 1986, Smith y Ballinger, 1994; Mathies y Andrews 1997). Asimismo se conoce que la termorregulación de individuos de una misma especie puede variar según la estación y la hora del día (Underwood, 1992), debido a factores como el estatus reproductor, el tipo de actividad y a los cambios en el ambiente como la temperatura, la humedad, la duración

del día, las horas de neblina diaria, la disposición de alimento, etc. (Hitchcock y McBrayer, 2006). Todas estas diferencias son aún más marcadas entre los reptiles si se consideran las dos grandes estrategias de termorregulación.

### **Saurios Tigmotérmicos** (Griego: *thigma*, tocar)

Las especies tigmatérmicas obtienen una parte sustancial del calor corporal por conducción a partir de rocas y cortezas calientes de árboles, este patrón solo es eficaz en el mantenimiento de una temperatura alta en latitudes en las cuales existe una intensa radiación solar (Avery, 1979). Los tigmatérmicos también pueden aprovechar el calor presente en el aire, sin la necesidad de exponerse directamente a los rayos del sol. Un ejemplo de este tipo de organismos son los saurios nocturnos, como los geckos, en los cuales se ha estudiado que durante el día eligen escondites calientes, que les proporcionan temperaturas óptimas para poder llevar a cabo la digestión (Cruz *et al.*, 2005), también se han observado ampliamente sus conductas de obtención de calor durante la noche (Cruz *et al.*, 2005, Hitchcock y McBrayer, 2006). Sin embargo, los estudios con especies tigmatérmicas diurnas aún son escasos.

### **Euritermia**

Existe un intervalo de temperaturas dentro del cual los organismos pueden desarrollar sus actividades necesarias. En la mayoría de las especies el intervalo es angosto, por lo que estos organismos son denominados especies estenotérmicas. Por otra parte en las especies donde el intervalo es más amplio son designadas como especies euritérmicas (Martori *et al.*, 2002). Dicho de otro modo la euritermia es la facultad de los organismos para soportar grandes diferencias de temperaturas. Por ejemplo se ha registrado que *Anolis marmoratus* presenta un amplio nicho térmico debido a su capacidad como euritérmicos individuales, más que a las diferencias entre poblaciones de esta especie (Huey y Webster, 1975).

Se sabe que las lagartijas que viven donde la radiación solar es reducida (como consecuencia de habitar en sitios con mucha niebla, constante nubosidad o gran cobertura del dosel), pueden enfrentar más desafíos para termorregular que las especies que viven en lugares abiertos y expuestos al sol. Por lo que una respuesta predecible para estos últimos sería la reducción en la actividad diaria o una mayor tolerancia a las fluctuaciones de las temperaturas corporales (Catenazzi *et al.*, 2005). Sin embargo, la euritermia es un fenómeno aún poco estudiado.

### **¿Cómo influye el Calentamiento global en los saurios?**

La temperatura del hábitat tiene implicaciones importantes en la conducta, fisiología y supervivencia de los organismos y esto a su vez repercute en la supervivencia de las especies (Navarro-García *et al.*, 2008). De tal manera que si la temperatura máxima del hábitat se modifica, seguramente los organismos se verán perjudicados y este perjuicio puede llevar a las poblaciones hasta la extinción, como se ha propuesto ya en los estudios sobre el calentamiento global (Sinervo *et al.*, 2010).

El calentamiento global es un fenómeno promovido en gran parte por los gases que provocan el efecto invernadero, seguido por el cambio de uso de suelo, la tala desmedida de árboles, etc., estas causas provocan que las temperaturas en el planeta se vuelvan extremas, es decir, que existan veranos más calurosos e inviernos más fríos (IPCC, 2002).

Algunos organismos, como los anfibios (Blaustein *et al.*, 2001), ya se han afectado debido al calentamiento global, ya que parece provocar variación en los ciclos vitales de las especies, las cuales al no poder adaptarse al ambiente pueden llegar incluso a extinguirse.

El impacto del calentamiento global en la termorregulación de los organismos ectotérmicos dependerá críticamente de cómo los cambios en la cubierta vegetal

alteraran la disponibilidad de sombra, así como las capacidades de los animales para alterar su calendario de actividad estacional, entre estas la temporada de reproducción. Además, los ambientes más cálidos también pueden aumentar los costos de mantenimiento de energía, mientras que al mismo tiempo pueden limitar el tiempo de actividad, ejerciendo presión sobre los presupuestos de masa y energía (Kearney *et al.*, 2009). Concretamente, el estudio de Sinervo *et al.* (2010), evidencia las afectaciones del calentamiento global sobre saurios mexicanos. En este estudio proponen que la extinción se conduce por el déficit energético durante la primavera (cuando las demandas de energía son más altas) provocada por menores tiempos de actividad debido al incremento en temperatura ambiental, en lugar del estrés por el calor del verano.

En este caso, de acuerdo con las temperaturas preferidas específicas de cada grupo, al incrementarse las temperaturas operativas las lagartijas se ven obligadas a buscar refugios más frescos, como las madrigueras. Es por esto que, con el calentamiento global, los saurios se ven obligados a tener tiempos de actividad menores, reduciendo así el tiempo de búsqueda de alimento y consecuentemente la ganancia neta de energía es insuficiente para su reproducción, por lo que sobreviene la extinción (Huey *et al.*, 2010).

Sinervo *et al.* (2010), concluyen que de 1975 a 2009, se han extinguido el 12% de las poblaciones locales de las especies del género *Sceloporus* en México. Estiman que desde 1975 el 4% de las poblaciones locales se han extinguido en todo el mundo y predicen que para el año 2080, el 39% de todas las poblaciones de lagartijas y el 20% de todas las especies de lagartijas se extinguirán. Asimismo, sugieren que los saurios ya han cruzado el umbral de la extinción causada por el cambio climático.

Sin embargo Kearney *et al.* (2009), proponen que en ambientes templados, el cambio climático puede aumentar el potencial de tiempo de actividad para muchos ectotermos. Sin embargo, para algunos taxones tropicales y de desierto, la actividad y el potencial para la termorregulación conductual pueden reducirse. Con la finalidad de amortiguar los

impactos del calentamiento global sobre el potencial de actividad, ésta será sujeta a la disponibilidad de sitios sombreados.

## Antecedentes

Martín (1955) describe a *Abronia taeniata* como una especie vivípara y registra el nacimiento de 4 crías al comienzo de la temporada de lluvias (de mediados de mayo a mediados de junio) en Tamaulipas, México. Menciona que es una especie de movimientos lentos, que presenta poderosas mandíbulas para la defensa y que son utilizadas para las peleas intraespecíficas, destaca la presencia de una cola prensil y fuerte, pero cuando es regenerada se usa con menos eficiencia. De los 19 ejemplares adultos que colectó, sólo 2 eran hembras y el resto machos. Posteriormente Cunningham (1966) captura 100 organismos activos de *Gerrhonotus multicaarinatus webbi* (Familia: Anguidae), que presentan temperaturas corporales ( $T_c$ ) que van desde los  $11.0^{\circ}\text{C}$  hasta los  $35.7^{\circ}\text{C}$  y una  $T_{c\text{media}}$  de  $21.4^{\circ}\text{C}$ , hace la anotación de que si incluyen a 2 organismos que no estaban expuestos pero si eran visibles con  $T_c$  de  $4.9^{\circ}\text{C}$  y  $7.8^{\circ}\text{C}$  respectivamente, la  $T_c$  media no varía. Capturó 48 lagartijas más, las cuales fueron encontradas debajo de ramas y pasto, las  $T_c$  de estas van de  $9.6^{\circ}\text{C}$  a  $27.9^{\circ}\text{C}$ , con una  $T_{c\text{media}}$  de  $18.5^{\circ}\text{C}$ , explica que no existe gran diferencia entre los organismos “activos” y los “inactivos”, ya que el intervalo de los “inactivos” cae dentro del intervalo de los “activos”. Se refiere a *G. multicaarinatus webbi* como una especie un poco tigmotérmica, pero realiza correlaciones de Pearson para conocer la relación de los organismos con su ambiente y registra que la temperatura del sustrato ( $T_s$ ) y la  $T_c$  tienen una  $r= 0.80$  y la temperatura del aire ( $T_a$ ) con la  $T_c$  una  $r= 0.83$ , lo cual muestra que las  $T_c$  de los organismos están directamente relacionadas con las del ambiente, sobretodo la Temperatura del aire. Por último concluye que esta especie opera efectivamente a aproximadamente  $15^{\circ}\text{C}$ , por debajo de la  $T_c$  media de la mayoría de los saurios asociados a *G. multicaarinatus webbi*. Posteriormente, Vial (1975) en su estudio con *Mesaspis monticola* (*Gerrhonotus monticolus*) (Familia: Anguidae), menciona que estos organismos se exponen directamente a los rayos del sol y son capaces de alcanzar temperaturas corporales mayores que las temperaturas ambientales. Registra una  $T_c$  de  $8.6$  a  $27.2^{\circ}\text{C}$ , en un total de 15 organismos, de los cuales los que se encontraban por debajo de los  $13.6^{\circ}\text{C}$  lograban enderezarse cuando se colocaban sobre su dorso, pero no

mostraron el mínimo esfuerzo de escape, describe que la temperatura mínima para un organismo activo fue a los 20.2°C y que solo 6 organismos estuvieron “activos” por encima de esa temperatura. En cuanto a las temperaturas del sustrato menciona que estuvieron entre 7.8°C – 28.0°C y las del aire ente 7.4°C – 24.0°C. Por lo que la temperatura del cuerpo se correlacionó significativamente ( $r= 0.85$ ) con las T del sustrato.

En relación con otra especie de la familia anguidae, Lemos-Espinal *et al.*, (1998) estudiaron la ecología térmica de *Barisia imbricata* (Familia: Anguidae) en la Sierra del Ajusco, México. Registran que la temperatura corporal  $T_c$  fue de 26.6°C. No encontraron correlación entre la  $T_c$  y temperatura del aire ( $T_a$ ), ni entre la  $T_c$  y temperatura del sustrato ( $T_s$ ). Tampoco encontraron diferencias significativas entre las  $T_c$  de machos y hembras. Proponen que *B. imbricata* es capaz de mantener mayores  $T_c$  en los días soleados que en los días nublados y mencionan que es necesario que los organismos se expongan al sol ya sea directa o indirectamente para mantener altas  $T_c$ . Por otra parte, Villamar (1998) en su estudio con organismos de la Familia Anguidae (*Abronia gramínea*, *A. taeniata*, *A. mixteca*, *Barisia imbricata imbricata* y *B.i. jonesi*), los describe como organismos tigmotérmicos facultativos y euritérmicos, ya que presentaron amplios tiempos y temperaturas de actividad, resalta que *A. taeniata* y *Barisia* pueden mantenerse activas aun cuando no alcancen la temperatura seleccionada respectivamente. Y por último, Solano-Zavaleta *et al.*, 2007 capturaron una hembra grávida de *Abronia taeniata* en el estado de Puebla en el mes de noviembre, de la cual nacieron 7 crías vivas en el mes de abril, esto coincide con el inicio de la temporada de lluvias. La hembra fue colectada mientras se “asoleaba” en una pared de tierra a una altura de 1.70m del nivel del suelo, en un bosque de encino-pino a una altitud de 1888 msnm.

## Justificación

Los estudios sobre termorregulación en reptiles ayudan a entender la ecología y distribución de sus especies (Huey, 1982; Shine y Kearney, 2001; Shawn *et al.*, 2002; Seebacher y Shine, 2004, en Navarro-García *et al.*, 2008), lo cual es vital para protegerlas y conservarlas. Cada día es más necesario estudiar especies de que puedan verse perjudicadas por el calentamiento global y poner más énfasis en aquellas que han sido poco estudiadas debido a sus hábitos. Dentro de los organismos que urge estudiar están los tigmotérmicos ya que se encuentran en sitios con temperaturas ambientales bajas y se sugiere que pueden ser más afectados por el incremento de la temperatura en el planeta (Sinervo *et al.*, 2010). Algunos representantes de los organismos tigmotérmicos están presentes en especies de los géneros *Xenosaurus*, *Elgaria*, *Barisia* y *Abronia* (Zug *et al.*, 2001). En este estudio se abordan algunos detalles sobre la termorregulación de *Abronia taeniata* y proponer el grado de susceptibilidad de ésta especie ante el calentamiento global.

## Hipótesis

Considerando que *Abronia taeniata* presentará conductas de obtención de calor de tipo tigmotérmicas, se comportará como un organismo termoconformista y si esta especie prefiere y habita en temperaturas bajas, entonces el calentamiento global le afectará gravemente a corto plazo, debido a que el aumento de temperaturas incrementará la reducción de sus horas de actividad.

## Descripción de la especie

***Abronia taeniata* (Wiegmann, 1828).**



Fig. 1. Ejemplar de *Abronia taeniata*.

Es una lagartija arborícola de cuerpo alargado, con una cola prensil sobresaliente, patas cortas y un pliegue ventrolateral de las extremidades delanteras a las traseras, pertenece al subgénero *Abronia*, de la Familia Anguidae (Campbell y Frost, 1993; Zaldívar *et al.*, 2002; Dixon y Lemos-Espinal, 2010).

### **Morfología**

Posee el siguiente conjunto de características de foliosis (Good, 1988): 31-34 hileras transversales dorsales; un mínimo de seis hileras nucales; osteodermos dorsales sólo en la mitad anterior del cuerpo, las escamas son grandes, un poco redondeadas y/o quilladas (Dixon y Lemos-Espinal, 2010).

La coloración dorsal en adultos es amarillo brillante, amarillo verdoso, o verde grisáceo, de 6 a 8 bandas transversales negras en el dorso alineadas a lo largo del tronco, en ejemplares jóvenes las bandas antes mencionadas son más evidentes (Zaldívar *et al.*, 2002).

Presenta una abertura auditiva grande y profunda con tímpano no expuesto. La parte trasera de la cabeza tiene escamas grandes (Dixon y Lemos-Espinal, 2010).

Por último los ejemplares pueden llegar a medir hasta 138 mm de longitud hocico-cloaca (LHC) (Zaldívar *et al.*, 2002).

### Ecología

*Abronia taeniata* es una especie poco estudiada, de hábitos diurnos, arborícola y vivípara, (Campbell y Frost, 1993; Zaldívar *et al.*, 2002). Se cree que es una lagartija tigmotérmica lo que sugiere que no pasa largas horas al día asoleándose directamente a los rayos del sol, vive escondida entre troncos, ramas y oquedades de los árboles, por medio de los cuales obtiene la energía térmica requerida (Campbell y Frost, 1993).

### Distribución

*Abronia taeniata* es la especie que posee la distribución más amplia de su género. Se distribuye en diversas zonas montañosas ubicadas en la vertiente del Golfo de México, desde el sur de Tamaulipas hasta el sur de Hidalgo, se han observado ejemplares en las tierras altas de los estados de Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz, es una especie endémica de México (Tihen, 1949; Good, 1988 y Zaldívar *et al.*, 2002). Habita en climas templados húmedos y templados subhúmedos, en altitudes que van de los 1000 a los 3000 msnm (Campbell y Frost, 1993; Hudson *et al.*, 2000 y Zaldívar *et al.*, 2002).



Fig. 2 Mapa de distribución de *Abronia taeniata* (IUCN).



Fig. 3 Distribución potencial de *Abronia taeniata* (Ochoa-Ochoa *et al.*, 2006)

### Tipo de vegetación

Es una especie común en climas fríos. Habita tanto en bosques de pino, bosques de pino-encino, como en bosques mesófilos de montaña (Martin, 1955; Martin, 1958; Sumichrast, 1873; Hudson *et al.*, 2000 y Zaldívar *et al.*, 2002).

### Microhábitat

Algunos ejemplares han sido observados en bromelias que crecen sobre los árboles, también es común encontrarlas en árboles principalmente encinos con abundante presencia de líquenes, con los que se pueden mimetizar fácilmente.

### Presencia y Ocupación

Se ha calculado una extensión de presencia >20, 000 km<sup>2</sup>., y una área de ocupación >2001 km<sup>2</sup>. El número de Sitios o subpoblaciones son mayor a 10 sitios (Hudson *et al.*, 2000).

## **Reproducción**

Presenta una época de apareamiento en otoño y los datos de campo de la cría más pequeña que se ha recolectado para la especie (Martin, 1955) hacen suponer que el parto en las hembras ocurre entre los meses de marzo a junio (Campbell y Frost, 1993 y Zaldívar *et al.*, 2002).

## **Uso**

Las diferentes especies de *Abronia* son animales vistosos, de forma y colores muy exóticos, características que hacen a estos organismos atractivos para su comercialización como mascotas y lamentablemente se ha detectado el comercio ilegal de especímenes de esta especie para ser vendidos como mascotas fuera del país (Hudson *et al.*, 2000 y Zaldívar *et al.*, 2002).

## **Factores de riesgo**

De acuerdo con el Plan de Conservación, Asesoramiento y Manejo Planificado para lagartijas *Abronia* (CAMP *Abronia*), los principales factores de riesgo para *Abronia taeniata* son la fragmentación de su hábitat (agricultura), la tala inmoderada y el sobrepastoreo (Hudson *et al.*, 2000 y Zaldívar *et al.*, 2002).

## **Conservación**

*Abronia taeniata* ocurre dentro de las áreas decretadas como Reserva de la Biosfera, tanto en El Cielo, en el estado de Tamaulipas como en el Parque Nacional El Chico, en el estado de Hidalgo.

A partir del año 2000 fue creado el CAMP *Abronia*, comité conformado por investigadores nacionales y extranjeros, con el fin de proponer planes de acción para la conservación de las diferentes especies de *Abronia* (Hudson *et al.*, 2000 y Zaldívar *et al.*, 2002).

*Abronia taeniata* se encuentra enlistada en la Legislación Nacional de Vida Silvestre: NOM-Ecol-059-2010 como especie rara y sujeta a protección especial (Pr). A partir del 2007 aparece con el estado de vulnerable en la lista roja de la IUNC. En el libro rojo nacional esta descrita como especie rara, esta categoría fue propuesta en el CAMP Abronia 2000 (Hudson *et al.*, 2000).

### **Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie**

Gran parte del área de distribución originalmente conocida para la especie se encuentra parcial o totalmente deforestada, lo cual la afecta directamente debido a sus hábitos preferentemente arborícolas (Zaldívar *et al.*, 2002).

## Objetivo General

Determinar la ecología térmica de *Abronia taeniata* (Reptilia:Anguidae) y su susceptibilidad ante el calentamiento global.

## Objetivos Particulares

- Evaluar si *Abronia taeniata* (Reptilia: Anguidae) es termorreguladora o termoconformista.
- Definir si existe diferencia en el aprovechamiento de calor entre sexos de *Abronia taeniata* (Reptilia: Anguidae).
- Conocer si existe diferencia entre el aprovechamiento de calor entre organismos de diferente talla de *Abronia taeniata* (Reptilia: Anguidae).
- Delimitar las horas de restricción para *Abronia taeniata* (Reptilia: Anguidae).

## Material y Método

### Zona de estudio.

Huayacocotla es un municipio perteneciente al norte del Estado de Veracruz, se encuentra ubicado en la llamada Huasteca Baja y forma parte de la Sierra Madre Oriental, a una altitud de 2,140 metros sobre el nivel del mar. El municipio colinda al norte con los municipios de Llamatlán y Zontecomatlán; al sur con el Estado de Hidalgo; al este con Zacualpan y Texcatepec y al oeste con el municipio de Zacualtipán, Estado de Hidalgo. Su clima va de templado a frío, con una temperatura promedio anual de 13.9 grados centígrados (Enciclopedia de los Municipios de México, 2005).

Se visitó la zona de estudio en 3 épocas al año, durante 2 años. Se colectaron a todos los organismos de *Abronia taeniata* que se encontraron, manualmente y con ayuda de cañas con nudo corredizo.

### Toma de datos

Basándonos en el protocolo de Hertz *et al.*, (1993), el cual evalúa la eficiencia de la termorregulación ( $E$ ) en organismos ectotermos con base en la calidad térmica del hábitat, se siguió el siguiente método: De cada organismo capturado se tomó: la temperatura corporal (cloacal) ( $T_c$ ) inmediatamente después de su captura, la longitud hocico-cloaca (LHC) y el sexo, además se registró la temperatura del sustrato ( $T_s$ ) y la temperatura al aire ( $T_a$ ) a 5cm. de distancia del lugar donde fue hallado el organismo. Las temperaturas fueron tomadas con un termómetro cloacal de lectura rápida (Miller and Weber). Se registró la hora de captura, la posición y el sitio donde fue encontrado el organismo.

Para determinar las temperaturas operativas nulas ( $T_o$ ), se utilizaron modelos de pvc rellenos de silicón de forma cilíndrica semejjando a un organismo de *Abronia taeniata*.

Estos modelos fueron colocados durante un día justo en los sitios donde fueron capturados los especímenes, durante el periodo de actividad de la lagartija y cada 15min se obtuvieron las temperaturas. Se registró la temperatura de cada uno de los modelos con ayuda de registradores de datos (HoBo ®) los cuales estaban conectados a cada uno de los modelos. De igual forma fueron colocados 2 modelos más, que permanecieron en campo durante todo el estudio y fueron cambiados periódicamente para resguardar la información.

Posteriormente, el último día de muestreo, los organismos fueron llevados a un cuarto, donde se realizaron las pruebas de temperatura seleccionada (*Tsel*). Cada uno de los organismos capturados fue colocado en un gradiente térmico para determinar las *Tsel* de cada individuo, el gradiente térmico comprendió de los 15°C a los 28°C. El gradiente fue construido en una caja vertical de policarbonato de 100x150x25 cm. cubierta con una malla para evitar el escape de los organismos, se colocaron focos en un lado de la caja, haciendo éste el extremo más caliente (28°C) y en el otro lado se colocó un aparato de aire acondicionado para bajar la temperatura y fomentar un extremo más frío (15°C). Los organismos fueron colocados en el gradiente, permitiéndoles primero una hora de aclimatación y posteriormente se tomaron los datos de *Tsel* de cada uno de los organismos cada hora, durante un día de las 10:30hrs. a las 16:30hrs. Cabe mencionar que esta parte del trabajo también fue realizada en la zona de estudio, el último día de muestreo.

Con los datos recabados se calcularon los siguientes parámetros: (*db*) que indica la precisión de termorregulación, se calculó mediante la diferencia en el número absoluto entre la temperatura corporal (*Tc*) y la temperatura seleccionada (*Tsel*). Los valores obtenidos de *db* altos implican una falta de regulación de la temperatura, por lo que 0 o valores cercanos a éste representan una alta precisión en la selección de *Tc* del organismo. El índice (*de*) representa la calidad térmica del ambiente, calculada con la desviación entre las temperaturas operativas (*To*) y *Tsel*, los valores altos indican baja

calidad térmica del ambiente y valores menores cercanos a 0 indica un ambiente térmico ideal para los organismos. El índice ( $E$ ) eficiencia de la termorregulación, la cual se obtiene de restar a 1 el valor de  $db$  entre  $de$ , si el valor es cercano a 0 sugieren que el organismo presenta una tendencia al termoconformismo y los valores altos supondrían que el organismo es termorregulador.

$$E = 1 - \frac{db}{de}$$

Fórmula para obtener la eficiencia de la termorregulación

Se compararon mediante una  $t$  de Student los datos de temperatura corporal ( $T_c$ ) entre hembras y machos para determinar si existió diferencia significativa entre ambos.

Se realizaron regresiones lineales entre la longitud hocico cloaca (LHC) y la temperatura corporal ( $T_c$ ), y entre el peso y la  $T_c$ , de los organismos para conocer si existía relación entre estas.

Por último se aplicaron regresiones lineales para determinar si existió relación entre la temperatura corporal ( $T_c$ ) y la temperatura del aire ( $T_a$ ) y la temperatura del sustrato ( $T_s$ ).

Siguiendo la metodología de Sinervo *et al.*, (2010), se determinó si estos organismos son susceptibles al calentamiento global. Para aplicar esta metodología fue necesario monitorear las temperaturas de la zona durante todo el año, colocar registradores de datos (HoBo ®) en el área de estudio y determinar las horas de restricción (tomando como base las horas de actividad de las lagartijas). Con esta información se puede determinar si los organismos tienen suficiente intervalo de horas al día para realizar las actividades vitales para la supervivencia de la especie.

Para determinar las horas de restricción se siguió el siguiente método: de las temperaturas tomadas se ocuparon sólo las temperaturas registradas dentro del intervalo

de actividad de los organismos. Se determinó la temperatura corporal mínima de actividad ( $T_c$  mín.) y la temperatura seleccionada promedio ( $T_{sel}$  promedio) y con estos valores se obtuvieron (1) el número de horas con temperatura por arriba de la  $T_c$  mín. y (2) el número de horas que presentan una temperatura mayor a la  $T_c$  mín. pero menor a la  $T_{sel}$  promedio. Al primer valor obtenido se le resto el segundo valor y con esto se obtuvo el promedio de horas de restricción ( $H_r$ ) para cada día estudiado de la especie.

$$H_r = T_o > T_{sel}$$

Se obtuvo la temperatura máxima ( $T$  máx.) por día en la zona de estudio, Sinervo *et al.*, (2010) proponen utilizar los registros de la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio, sin embargo, en este caso no fue posible ya que no existían registro para los años de estudio, por lo que los valores para las  $T$  máx. fueron extraídos de los registradores de datos (HoBo®) que se dejaron en campo.

A la temperatura máxima ( $T$  máx.) se le restó la temperatura seleccionada promedio ( $T_{sel}$  promedio), este cálculo fue hecho para cada día. Con el valor obtenido de la resta y las  $H_r$  se realizó una regresión lineal para obtener la ecuación necesaria, para correr el modelo de extinción.

Se obtuvieron de la literatura todos los registros de colecta que contuvieran coordenadas geográficas, se comprobó que los datos fueran correctos y correspondieran a la distribución geográfica de la especie (Flores Villela, 1998).

Con la ecuación obtenida y los puntos de georeferencia se corrió el modelo de predicción de extinción para lagartijas en el programa estadístico Project-R (Sinervo, inédito).

## Resultados

### Calibración de modelo nulo.

Para elegir el modelo nulo que registró las temperaturas operativas ( $T_o$ ), se fabricaron 13 modelos, realizando combinaciones con los siguientes materiales: pvc, cobre, poliducto, así como modelos rellenos de silicón, modelos huecos y pintados de diferentes tonalidades de gris.

Estos modelos fueron llevados a campo, en donde se registró durante un día la temperatura de cada modelo y a la par de la temperatura corporal de un organismo de *A. taeniata*, cabe resaltar que las lecturas de temperaturas se realizaron en los mismos intervalos de tiempo y en las mismas condiciones, efectuando cambios cada 30 minutos en el sitio de colocación entre sombra y soleado.

Los resultados obtenidos fueron comparados mediante correlaciones de Pearson. El modelo que resultó ser el más adecuado fue el modelo de pvc relleno de silicón ( $r = .891$ ,  $p < .001$ ;  $r^2 = 0.7938$ ) (figura 4).

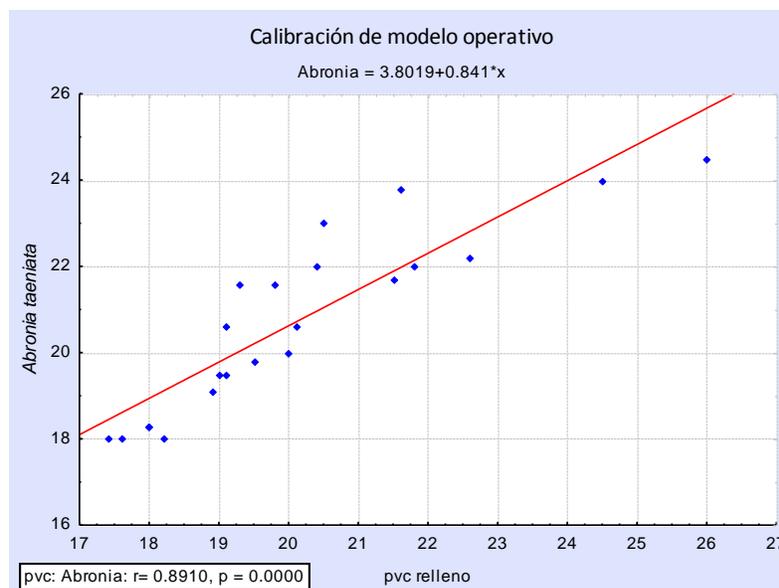


Fig. 4 Correlación entre las  $T_c$  y las temperaturas del modelo de pvc relleno de silicón.

## Temperaturas Corporales (Tc)

Se capturaron un total de 41 organismos (31 adultos: 17 machos y 14 hembras, 9 jóvenes y 1 cría) de *A. taeniata*, durante 3 estaciones: otoño, invierno y primavera. Otoño e invierno pertenecen a la época de apareamiento y gestación de esta especie y en primavera ocurre la época de nacimientos.

Las temperaturas corporales (Tc) fueron comparadas por estación y se encontró que existen diferencias significativas entre estas ( $n=41$ ,  $F_{38}= 13.38$ ,  $p < 0.001$ ). Mediante una prueba post-hoc de Bonferroni se determinó que las Tc de primavera ( $n= 14$ ) fueron más altas y diferentes significativamente a las de otoño ( $n= 10$ ,  $p= 0.037$ ) y a las de invierno ( $n= 17$ ,  $p <0.001$ ). Sin embargo, no se observó diferencia entre las Tc de otoño e invierno ( $p = 0.176$ ). Otoño presentó una Tc media de 19.9 °C, invierno 18.7 °C y primavera 24.8 °C. La Tc más baja fue de 13°C registrándose en invierno y la más alta corresponde a 30.6 °C en primavera (figura 5).

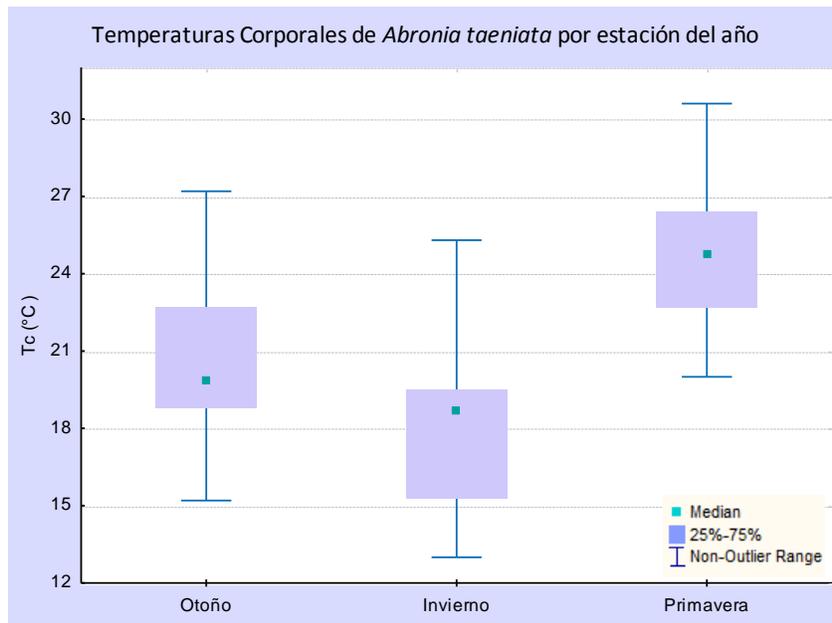


Fig. 5 Temperaturas corporales de *A. taeniata* por estación.

En la figura 6, se compararon las temperaturas corporales ( $T_c$ ) por temporada, remarcando el intervalo de temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ) para cada una de éstas, se puede observar que en invierno se registraron las  $T_c$  más bajas y que en primavera las más altas.

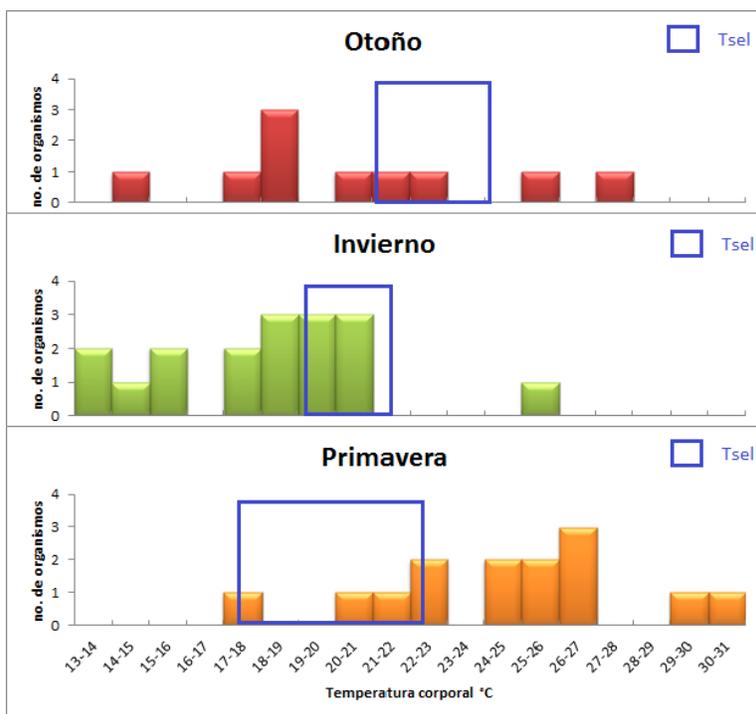


Fig. 6 Comparación de temperaturas corporales (barras de colores,  $T_c$ ) y temperaturas de seleccionadas (recuadros azules,  $T_{sel}$ ) de *A. taeniata* por estación.

### Temperaturas Operativas ( $T_o$ )

Para saber si existían diferencias entre estaciones de las temperaturas operativas ( $T_o$ ) en la zona de estudio los datos registrados con los registradores de datos fueron comparados mediante una prueba de Kruskal-Wallis, las  $T_o$  resultaron diferentes significativamente entre estaciones ( $H=6170.69$ ,  $p < 0.001$ ).

Cabe resaltar que para realizar esta prueba sólo se tomaron en cuenta las temperaturas que se registraron dentro del intervalo de observación de los organismos en campo

(8:00am – 16:30pm), quedando descartadas las horas de la noche y las horas del día donde no fue encontrado organismo alguno activo en campo.

En la figura 7, se observa que la temporada que presentó temperaturas ambientales más altas fue la primavera, con una máxima de 36°C; mientras que la temporada con temperaturas más bajas fue otoño, que presentó una mínima de 4°C.

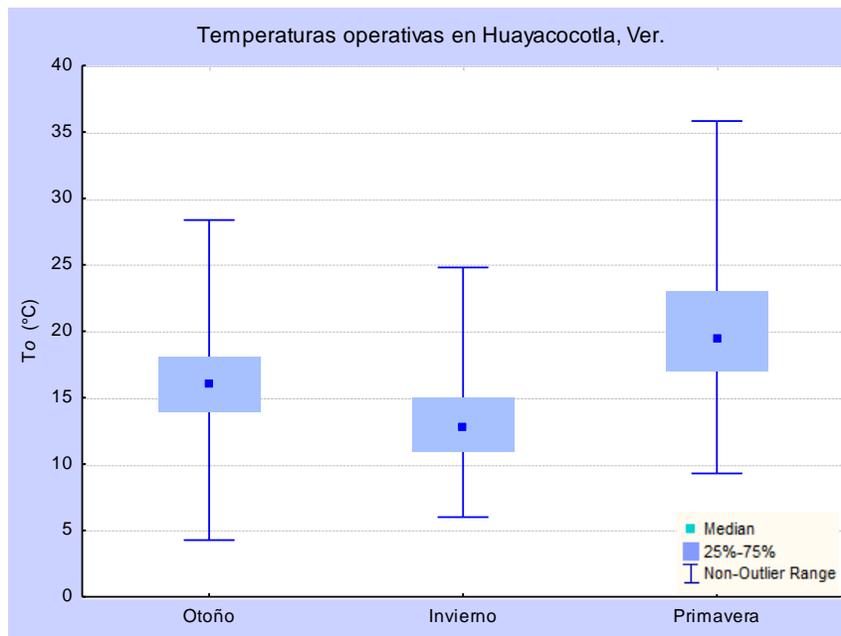


Fig. 7 Comparación de las  $T_o$  por estación del año.

En la figura 8, se pueden comparar las diferencias entre temperaturas ambientales por estación. Cada gráfica representa a una estación y en cada una se marcó con una línea verde la temperatura corporal ( $T_c$ ) promedio, dos líneas rojas para la temperatura seleccionada mínima ( $T_{sel}$  min.) y temperatura seleccionada máxima ( $T_{sel}$  máx.), con un rectángulo morado se delimitó el intervalo de actividad de la especie, todo lo antes mencionado se calculó para cada estación.

En otoño la temperatura corporal ( $T_c$ ) promedio fue de 20.7°C, la temperatura seleccionada mínima ( $T_{sel}$  min.) de 21.2°C y la temperatura seleccionada máxima ( $T_{sel}$  máx.) de 25.1°C., éstas quedan por encima de las temperaturas que les ofrece el ambiente

en promedio, ya que la temperatura promedio máxima fue de 17.5°C a las 13:00 horas. En invierno la Tc promedio fue de 18.0°C, la Tsel min. 19.2°C y la Tsel/ máx. 21.6°C, de igual forma las temperaturas ambientales quedaron por debajo de éstas, ya que el pico más alto es a las 14:30 pm con 14.9°C.

Por último en primavera se presentó una temperatura corporal (Tc) promedio de 24.4°C, siendo esta la más alta de las tres temporadas, la temperatura seleccionada mínima (Tsel/ min.) fue de 17.8°C y la temperatura seleccionada máxima (Tsel/ máx.) de 22.7°C, en esta temporada la Tc fue más alta que las seleccionadas en gradiente y la Tsel/ min. se encuentra dentro de las temperaturas ambientales.

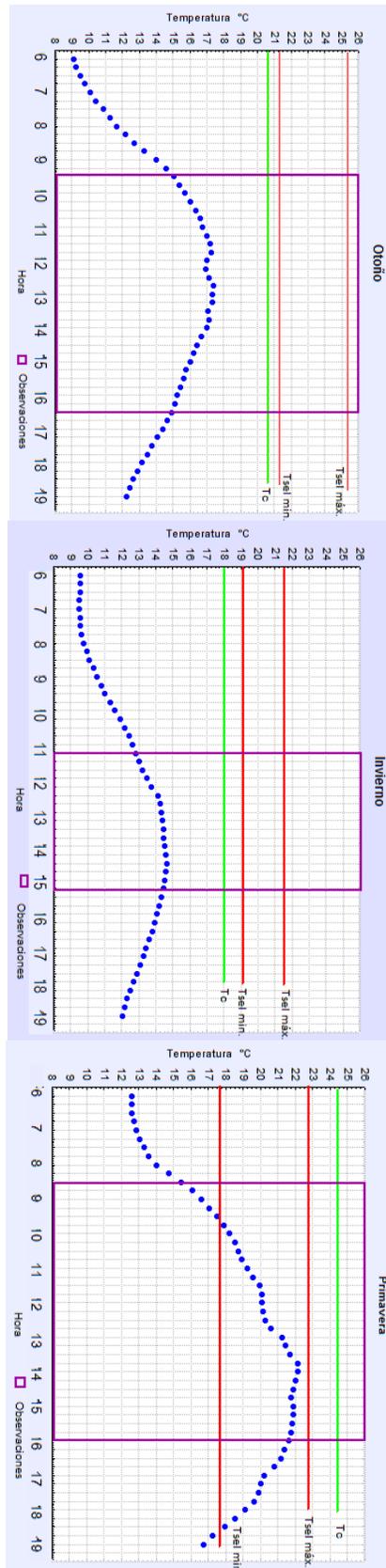


Fig. 8 Comparación de las Temperaturas operativas ( $T_o$ ) entre estaciones.

Los intervalos de observación de los organismos en campo también variaron por estación.

El Invierno fue la temporada con el intervalo más corto, ya que sólo fueron vistos de las 11:15 am a las 15:15 pm, en otoño el intervalo fue de las 9:30 am a las 16:30 am y en primavera el intervalo fue el más amplio de las 8:30 am a las 16:00pm, lo cual concuerda con las temperaturas más altas del ambiente (figura 9).

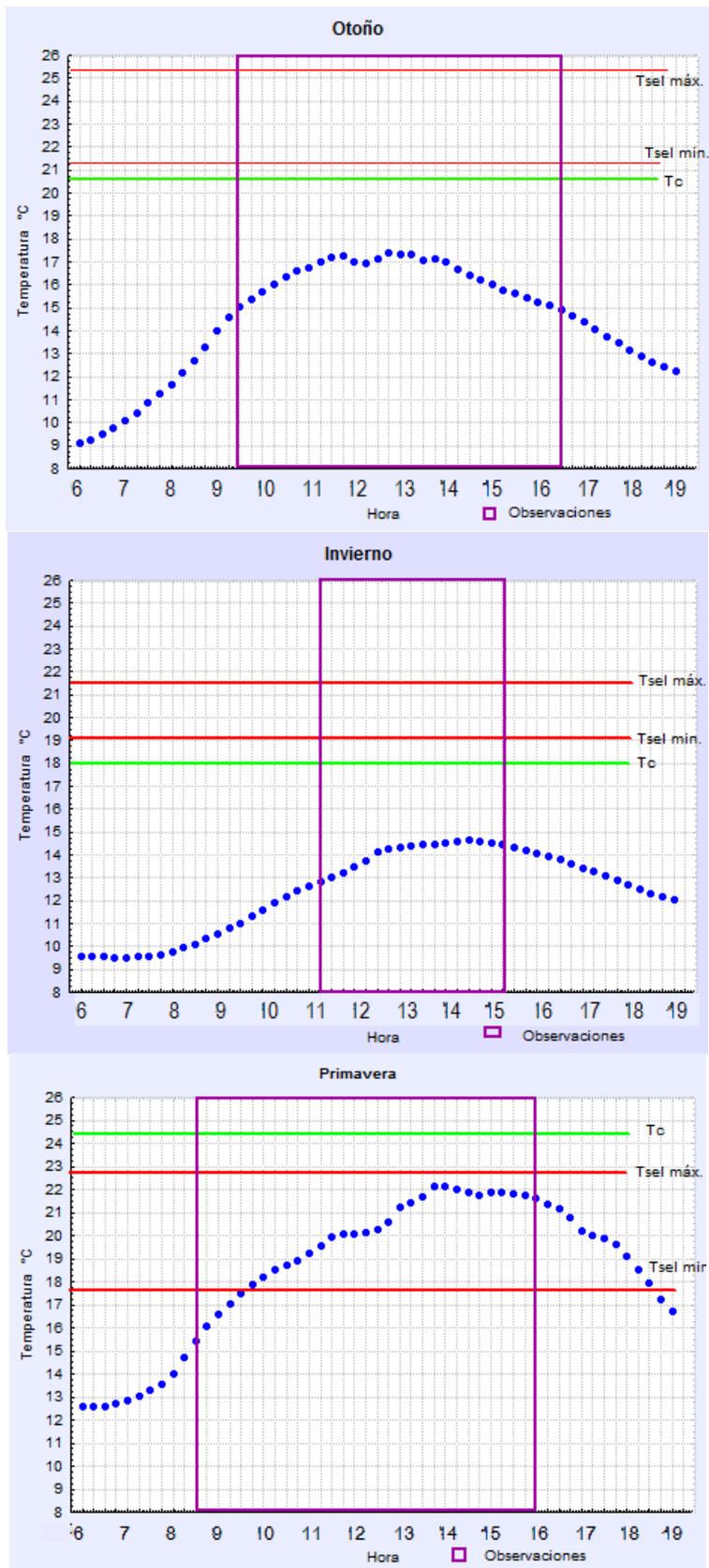


Fig. 9 Comparación de intervalos de actividad de *Abronia taeniata*.

Para ser más específicos en la relación de las temperaturas ambientales y las temperaturas de los organismos se realizaron las siguientes gráficas. En las figuras 10, 11 y 12 se compararon las temperaturas promedio por estación tomadas con los registradores de datos en los microsítios (temperaturas tomadas justo en los lugares donde fueron capturados los organismos, sólo durante los días de muestreo en campo) con las temperaturas promedio antes calculadas para cada estación, también se remarcaron en cada gráfica las temperaturas corporales ( $T_c$ ), temperaturas seleccionadas mínimas ( $T_{sel\ min.}$ ), temperatura seleccionada máxima ( $T_{sel\ máx.}$ ) y el intervalo de observación, respectivos a cada estación.

En otoño se observó que la temperatura corporal ( $T_c$ ) ( $20.7^{\circ}\text{C}$ ) y la temperatura seleccionada mínima ( $T_{sel\ min.}$ ) ( $21.2^{\circ}\text{C}$ ) caen dentro de las temperaturas ambientales en microsítio, debido a que la temperatura máxima del ambiente fue de  $23^{\circ}\text{C}$ , sin embargo la temperatura seleccionada máxima ( $T_{sel\ máx.}$ ) ( $25.1^{\circ}\text{C}$ ) está por encima de las temperaturas ambientales (figura 10).

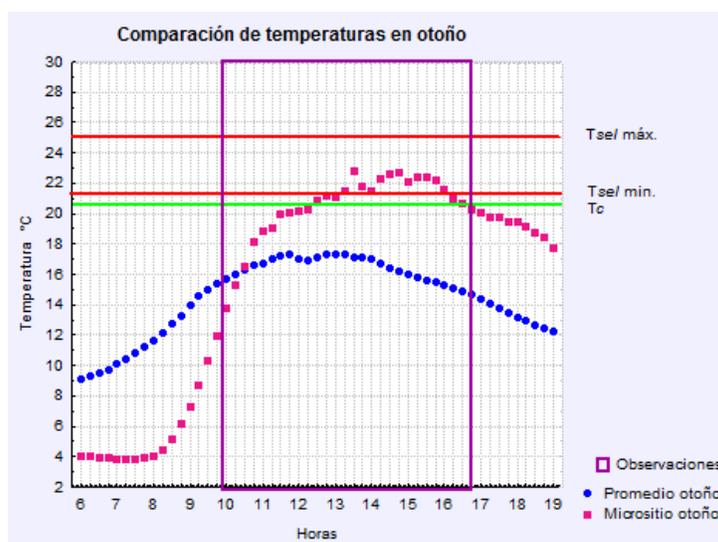


Fig. 10 Comparación de temperaturas de otoño

En el invierno, las temperaturas ambientales en microsítios siguieron observándose por debajo de las temperaturas seleccionadas ( $19.2^{\circ}\text{C}$  y  $21.6^{\circ}\text{C}$  respectivamente) y la

temperatura corporal ( $T_c$ ) ( $18.0^{\circ}\text{C}$ ). En esta temporada la temperatura ambiental más alta fue de  $16^{\circ}\text{C}$  (figura 11).

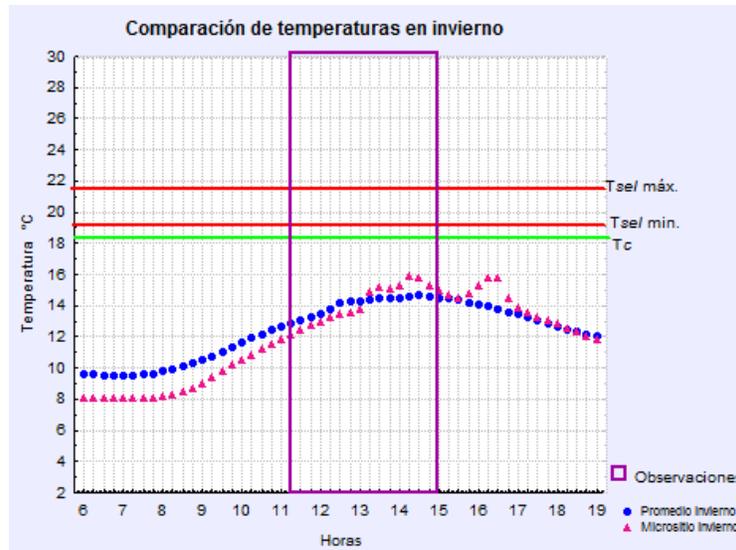


Fig. 11 Comparación de temperaturas en invierno.

Por último para la temporada de primavera el comportamiento fue diferente, ya que la temperatura corporal ( $T_c$ ) ( $24.4^{\circ}\text{C}$ ) y ambas temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ) ( $17.8^{\circ}\text{C}$  y  $22.7^{\circ}\text{C}$ ) se encontraron dentro de las temperaturas ambientales en micrositio e incluso se observaron 3 horas donde las temperaturas ambientales las sobrepasaron (figura 12).

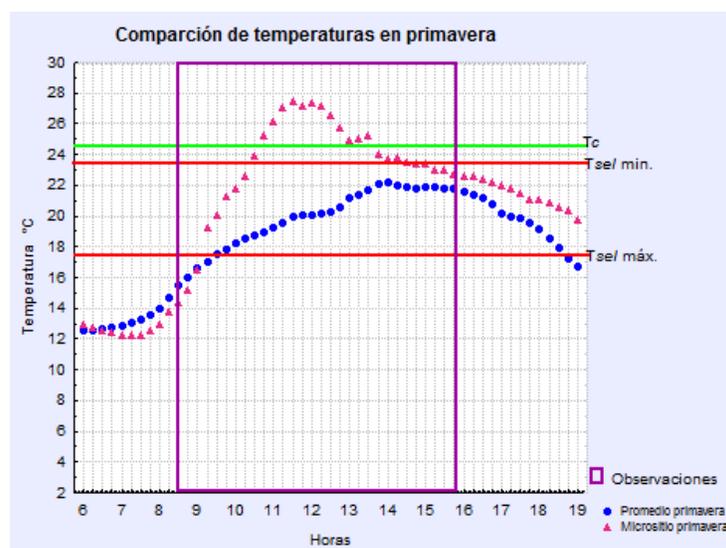


Fig. 12 Comparación de temperaturas de primavera

## Índice de Eficiencia térmica

Debido a que las temperaturas corporales fueron diferentes entre estación, al igual que las temperaturas operativas, se optó por calcular 3 índices de eficiencia térmica, uno para cada estación, con sus respectivos datos de temperaturas seleccionadas ( $T_{se}$ ). Los índices sugieren que durante otoño e invierno los organismos se comportan como termoconformistas, se observó una baja calidad térmica del ambiente y una baja precisión en la selección de temperaturas de los organismos, no así en primavera, donde el ambiente pareció ser apto pero los organismos evaden estos microhabitats. Esto concordó con las temperaturas en primavera, las cuales son más elevadas en comparación con los de otoño e invierno (cuadro 1).

Estación	E	db	de
Otoño	0.597	1.98	4.91
Invierno	0.616	2.02	5.27
Primavera	-0.714	2.44	1.43
General	0.409	1.83	3.1

Cuadro 1. Índices de eficiencia térmica

Con el fin de corroborar que los organismos se comportan como termoconformistas, se realizó la siguiente gráfica, para comparar visualmente la relación entre las temperaturas ambientales y las temperaturas corporales.

En otoño las tres temperaturas en general se relacionaron, en invierno se observó que existe una tendencia a que la temperatura corporal ( $T_c$ ) se encuentre en medio de la temperatura del sustrato ( $T_s$ ) y la temperatura del aire ( $T_a$ ), quedando por debajo la  $T_s$  y por encima la  $T_a$  y en primavera se observó que la  $T_c$  tiende a encontrarse por encima de la  $T_s$  y la  $T_a$ , y que éstas no varían entre sí (figura 13).

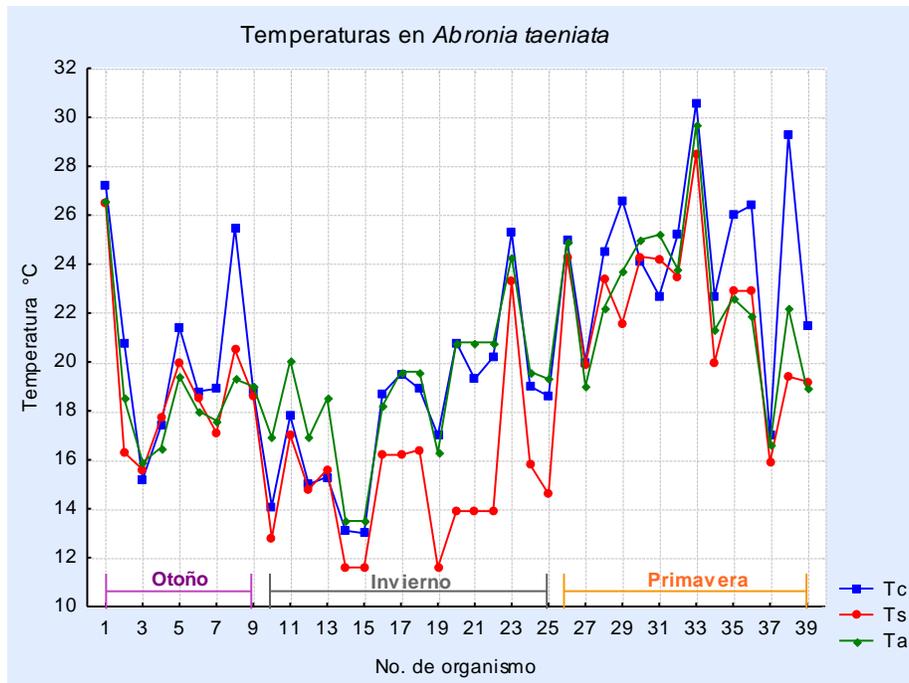


Fig. 13 Temperaturas corporales, sustrato y aire en *A. taeniata*.

Para entender mejor la relación entre las temperaturas se realizaron regresiones lineales, con el fin de conocer si existía relación entre la temperatura del sustrato ( $T_s$ ) y la temperatura corporal ( $T_c$ ) (figura 14), de igual forma entre la temperatura del aire ( $T_a$ ) y la  $T_c$  (figura 15).

Los resultados sugieren que las temperaturas corporales ( $T_c$ ) de *A. taeniata* estuvieron directamente relacionadas con las temperaturas del ambiente:  $T_c$  – Temperaturas del sustrato ( $r= 0.86$ ,  $P<0.0001$ ;  $r^2=0.7314$ ) y aún más con las temperaturas del aire ( $r= 0.87$ ,  $P<0.0001$ ;  $r^2=0.7640$ ).

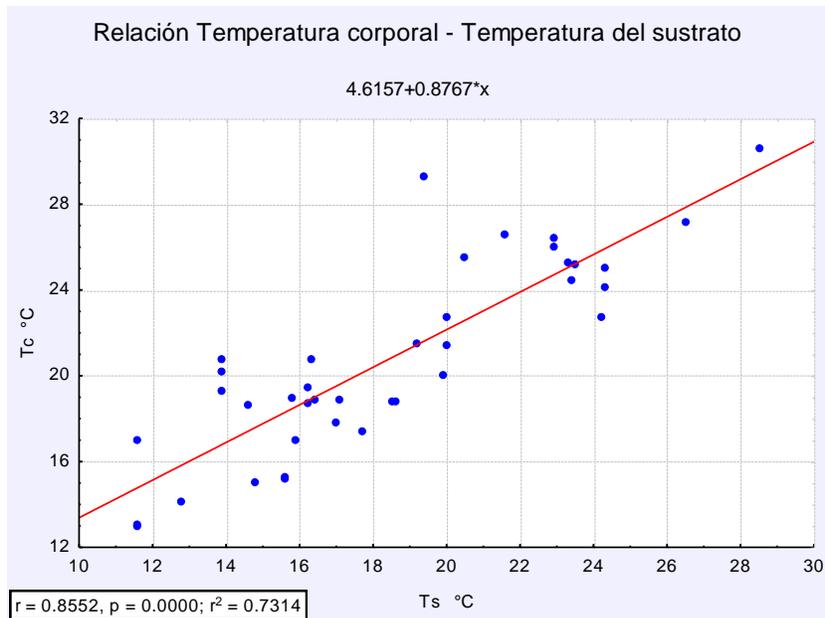


Fig. 14 Relación entre la Tc y la Ts.

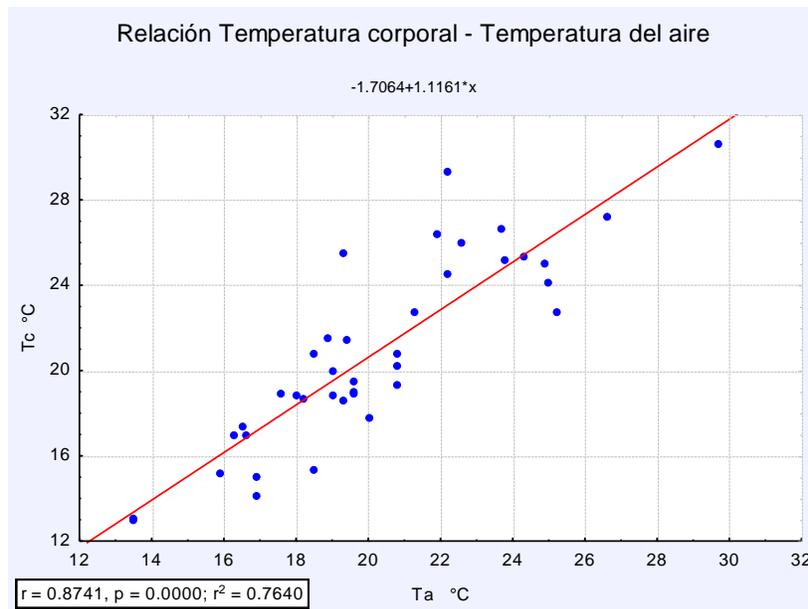


Fig. 15 Relación entre la Tc y la Ta.

Estas evidencias sugieren que la especie se comporta como un organismo termoconformista, ya que existe una relación positiva y significativa entre las temperaturas del ambiente y las temperaturas corporales.

## Diferencia de las temperaturas corporales entre sexos

En cuanto a las temperaturas corporales ( $T_c$ ) por sexo, los machos presentaron un intervalo mayor de temperaturas corporales que va de 14°C a 30.6 °C y en hembras de 15.2°C a 26°C, sin embargo fueron comparadas mediante una T de Student y no mostraron diferencias significativas entre sexos ( $t= -0.2460$ ,  $p= 0.8077$ ) (figura 16), sin embargo es notable que las hembras presentan un intervalo más estrecho, lo que sugiere que fueron más precisas que los machos.

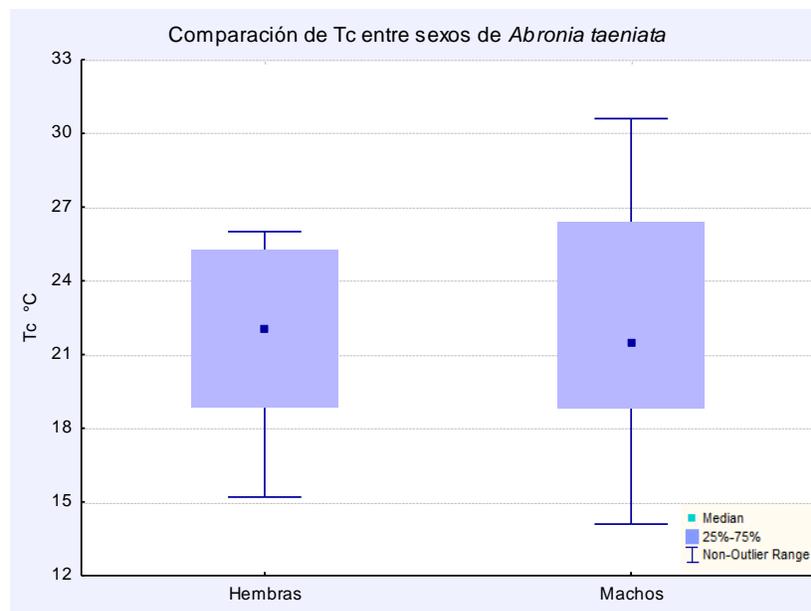


Fig. 16 Comparación de  $T_c$  entre sexos de *Abronia taeniata*.

## Relación Longitud hocico cloaca (LHC) - $T_c$ y peso- $T_c$ .

Para determinar si las temperaturas corporales varían respecto a la talla de cada organismos, se realizaron regresiones lineales entre la temperatura corporal ( $T_c$ ) - peso y entre la  $T_c$  - Longitud Hocico Cloaca (LHC). Los resultados sugieren que el peso del organismo parece no influir en la  $T_c$ , ya que no se presentó relación entre éstas ( $r=0.1459$ ,  $p=0.4682$ ;  $r^2=0.0212$ ) (figura 17).

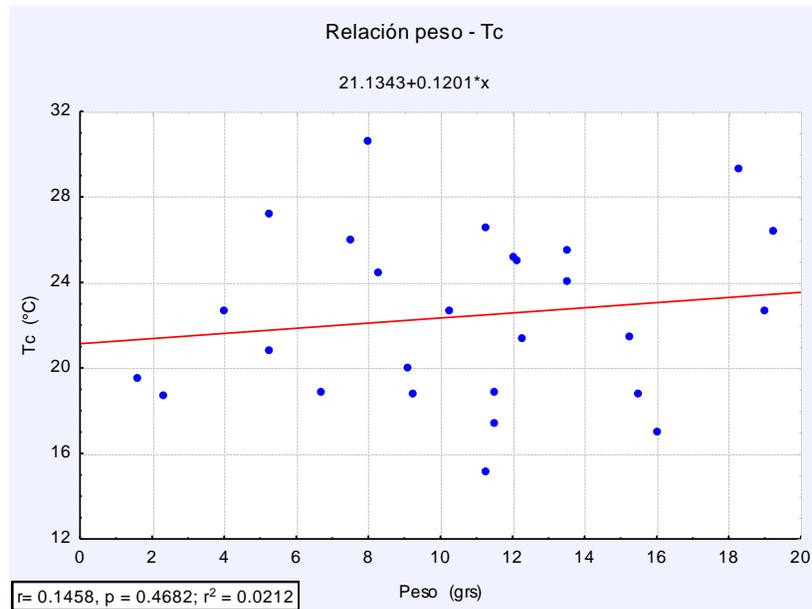


Fig. 17 Relación entre la Tc y el peso.

La temperatura corporal del organismo tampoco mostró relación con la longitud hocico-cloaca ( $r=0.1252, p=0.5339; r^2=0.0157$ ) (figura 18).

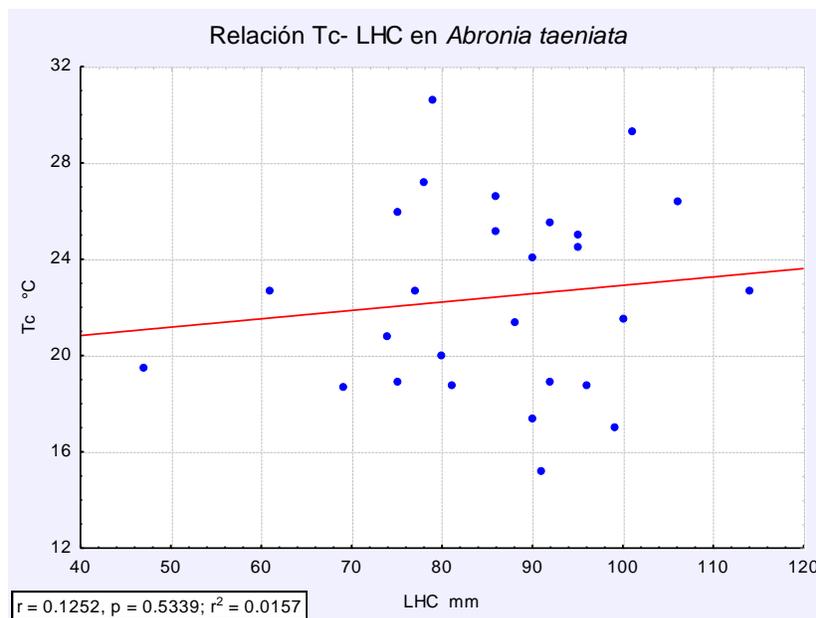


Fig. 18 Relación entre la Tc – LHC.

## Temperaturas Seleccionadas

Para comparar las temperaturas preferidas en el gradiente térmico entre estaciones, se utilizó un gráfico con el estimador de densidad de Kernel con el total de las temperaturas seleccionadas (*Tsel*), recalcando los intercuartiles del 50% al 75% de *Tsel*. del intervalo de temperaturas seleccionadas para cada estación.

En otoño se seleccionaron las temperaturas más altas, entre los 21.2 °C y los 25.1°C, en comparación con primavera donde se seleccionaron las menores temperaturas, en un intervalo de 17.8 a 22.7 . Por último cabe resaltar que en las tres estaciones coincidieron las temperaturas seleccionadas entre los 21.°C y los 21.5°C (figura 19).

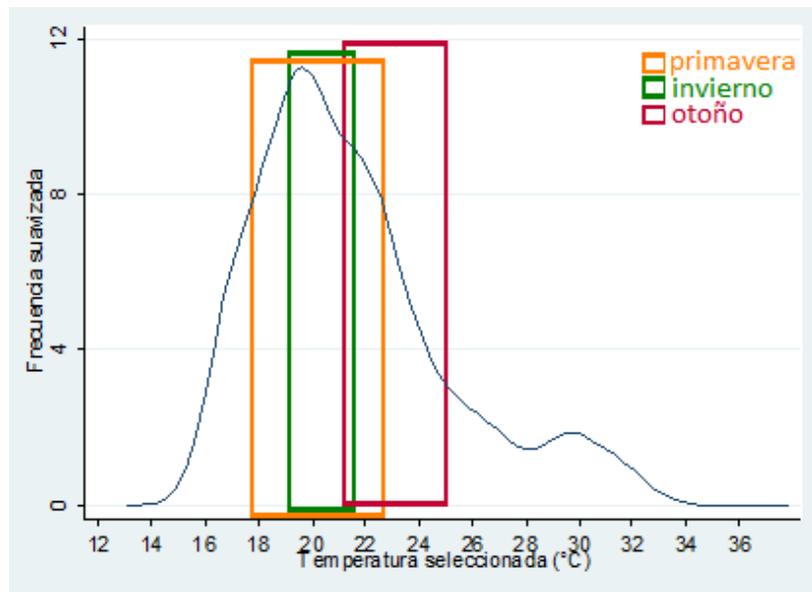


Fig. 19 Temperaturas seleccionadas en las diferentes épocas del año en gradiente por *A. taeniata*

## Susceptibilidad de *Abronia taeniata* ante el calentamiento global

Estableciendo que la temperatura corporal ( $T_c$ ) de 13°C es la temperatura mínima a la que se encuentra activo un organismo de *Abronia taeniata* y que la temperatura seleccionada  $T_{sel}$  promedio es de 21.2°C, se modeló la predicción de extinción ante el calentamiento global para la especie. Para esto se siguió la metodología propuesta por Barry *et al.* (2010), en la donde se determinó un intervalo de 5.9hrs de restricción para la Familia Anguillidae.

Se utilizaron los datos de temperatura operativa ( $T_o$ ) para cada una de las estaciones (otoño, invierno, primavera y verano). En el caso de las temperaturas máximas ( $T_{máx.}$ ) en la zona, cabe mencionar que no fue posible utilizar las  $T_{máx.}$  por día de la estación del Servicio Meteorológico Nacional debido a que no existen datos para esas fechas, por lo que las  $T_{máx.}$  por día se obtuvieron de los registros de  $T_o$  tomadas en la zona de estudio con los registradores de datos (HoBo ®).

Se optó por modelar un escenario para cada estación y aparte una proyección general. En cada mapa se marcaron con puntos negros las localidades registradas para la especie. En la parte superior derecha del mapa se muestran los intervalos de posible extinción y sobre el mapa se colorearon dichos intervalos, siendo así las áreas resaltadas con color rojo intenso como las áreas más próximas donde se predice la extinción de la especie y en azul fuerte las áreas donde se predice las extinciones más lejanas. Cabe mencionar que existen pocos registros bibliográficos georeferenciados de la especie y que la distribución no es homogénea.

En el mapa que corresponde a la información de otoño se puede observar que la predicción muestra que para el año 170, 000 la especie comenzará a extinguirse y las últimas poblaciones se extinguirán después del año 205, 000 (figura 20).

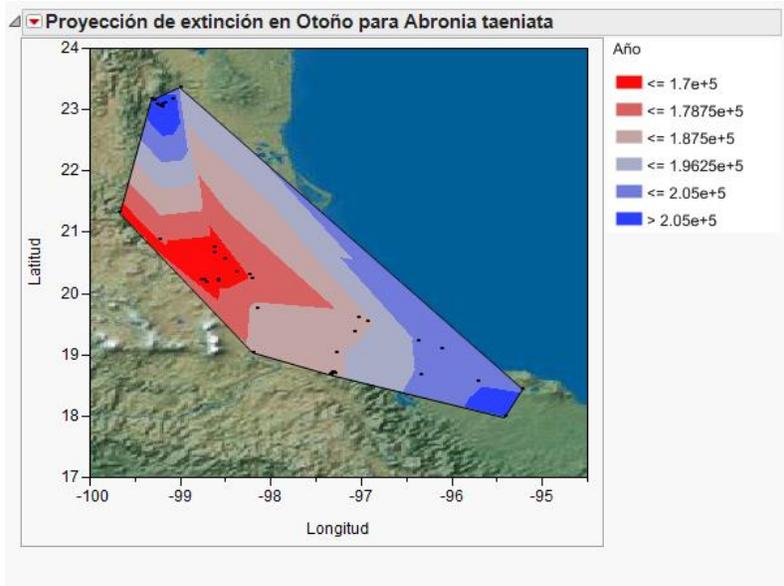


Fig. 20 Predicción de extinción utilizando la información de otoño para *Abronia taeniata*

Usando la información de invierno se predice que las extinciones para la especie comenzaran en el año 18,500 siendo las últimas en el año 21, 500 (figura 21).

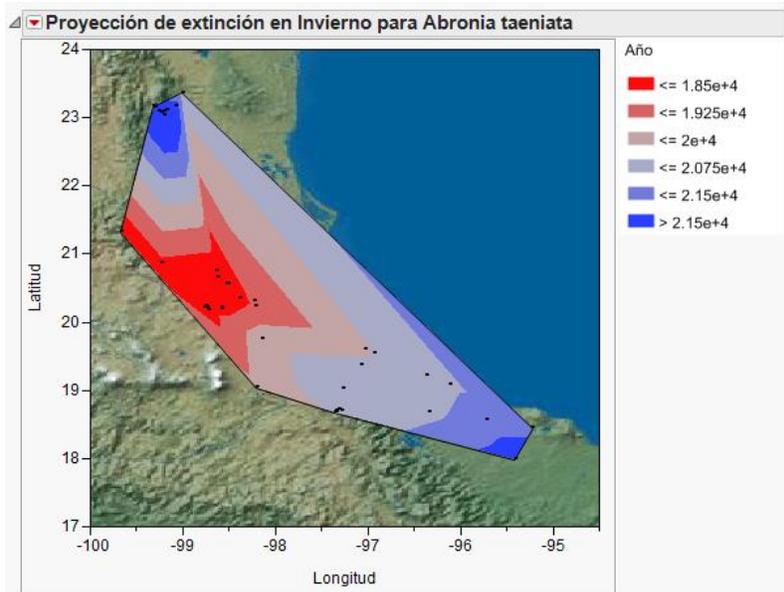


Fig. 21 Predicción de extinción usando la información de invierno para *Abronia taeniata*.

Usando la información de la época más calida, que fue primavera, las predicciones muestran que las extinciones comenzaran en el año 2600 y hasta después del 3500 (figura 22).

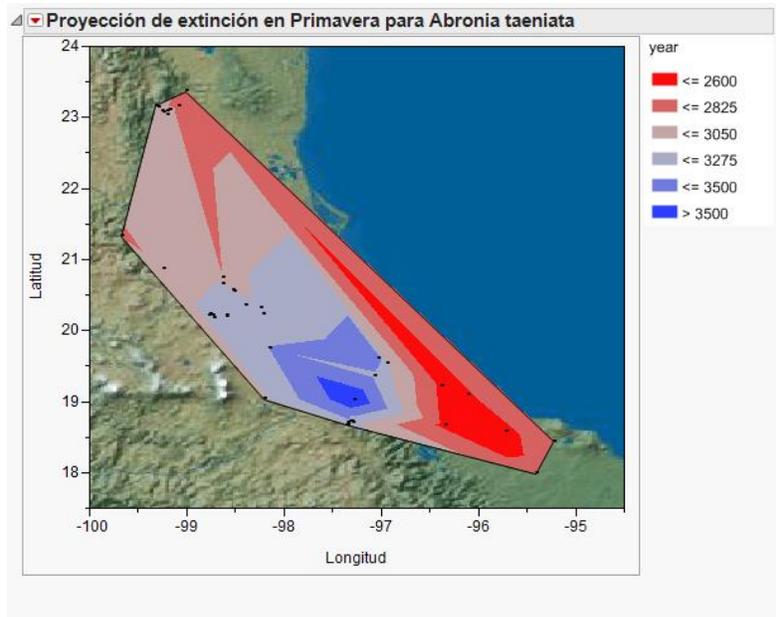


Fig. 22 Predicción de extinción usando la información de primavera para *Abronia taeniata*.

En este mapa correspondiente a la información del verano las predicciones sugieren que las primeras extinciones serán en el año 2100 y las últimas después del 2900 (figura 23).

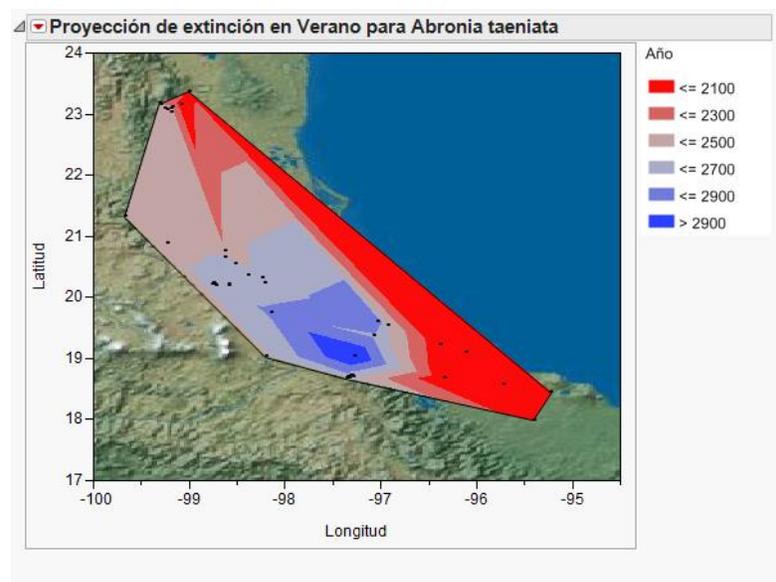


Fig. 23 Predicción de extinción usando la información de verano para *Abronia taeniata*.

Por último, con todos los datos de To se modeló la predicción general de extinción para la especie. En este último mapa que engloba las temperaturas de todo el año las predicciones de extinción comienzan en el año 4100 y hasta después del 4800 (figura 24).

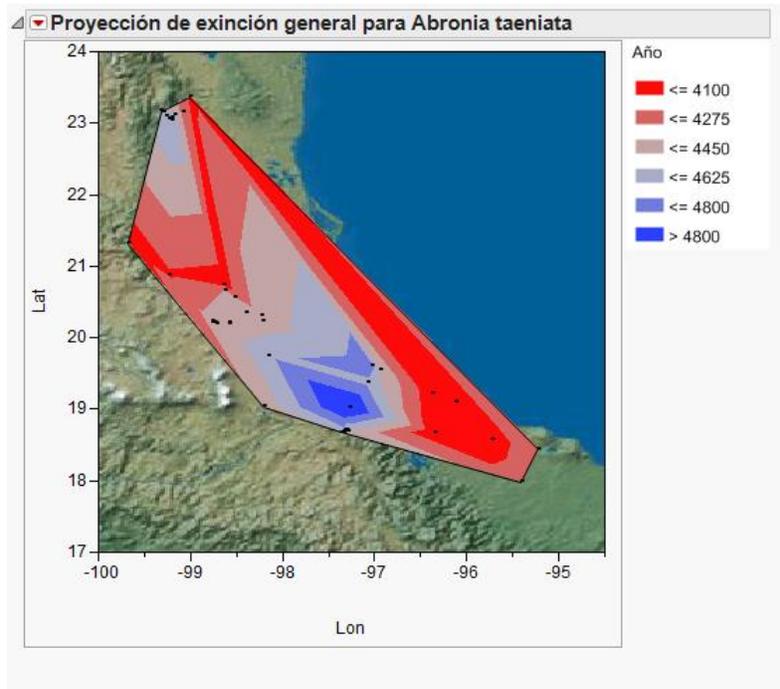


Fig. 24 Predicción de extinción general, usando toda la información obtenida para *Abronia taeniata*.

## Discusión

Los resultados evidencian que *Abronia taeniata* se comporta como un organismo termoconformista, ya que existe una correlación positiva y significativa entre las temperaturas del ambiente y las temperaturas de los organismos, esto concuerda con el estudio de Villavicencio *et al.*, 2012 que registran a *Liolaemus eleodori* como altamente dependiente de las temperaturas microambientales (temperatura del sustrato y aire), por lo que se considera termoconformista, ésta al igual que *A. taeniata* hábita en climas fríos.

Otros autores también han registrado dependencia entre las temperaturas ambientales y las corporales para especies de la familia Anguidae como *Gerrhonotus multicaudatus webbi* (Cunningham, 1966) y *Mesaspis monticola* (antes *Gerrhonotus monticolus*) (Vial, 1975). Sin embargo, Lemos-Espinal *et al.*, (1998) no encontraron correlación entre las temperaturas ambientales y las temperaturas corporales en *Barisia imbricata*.

Las temperaturas corporales ( $T_c$ ) de *A. taeniata* fueron diferentes entre estaciones, lo cual coincide con las diferencias encontradas entre las temperaturas operativas ( $T_o$ ) entre las estaciones, en ambas variables las temperaturas son más bajas en invierno y más altas en primavera, esto coincide con lo que registraron Christian y Bedford (1995) para la lagartija *Chlamydosaurus kingii* que también es una especie arborícola y presentó en la estación de lluvias una media de 36.7°C de  $T_c$  y en la estación de secas valores de  $T_c$  significativamente más bajas con una media de 32.8°C, sin embargo, ellos observaron que en la estación seca los organismos “desaparecen” ya que no son visibles, en caso de *A. taeniata*, fue en la estación de verano, que coincide con la estación de lluvias, donde los organismos no fueron observados. Sin embargo, cabe destacar que *C. kingii* es una especie de climas tropicales y *A. taeniata* de climas tropicales fríos.

Es importante resaltar que en este estudio se encontraron organismos activos de *A. taeniata* a 13°C, lo que concuerda con lo publicado para otros organismos de la familia

anguidae. Cunningham (1966) describió organismos activos de *Gerrhonotus multicarinatus webbi* a los 11.0°C, e incluso registró organismos que no estaban expuestos pero si eran visibles con temperaturas corporales (Tc) de 4.9°C y 7.8°C, también encontró otros organismos debajo de ramas y pasto, con Tc de 9.6°C. Por su parte Vial (1975) encontró organismos de *Mesaspis monticola (Gerrhonotus monticolus)* a una Tc de 8.6, denotando que los organismos que él encontró por debajo de los 13.6°C lograban enderezarse cuando se les colocaban sobre su dorso, pero estos no mostraban el mínimo esfuerzo de escape, concluye que la temperatura mínima para un organismo activo fue a los 20.2°C. Las evidencias obtenidas en este estudio y en los registros previos de integrantes de la familia anguidae nos hace pensar que poseen un atributo fisiológico que les permite a los organismos estar activos a temperaturas, por debajo del promedio de Tc de la mayoría de los saurios. Sin embargo, los mecanismos que favorecen este comportamiento *sui géneris* deben describirse mediante estudios detallados y seguramente ligados a mecanismos de súper congelamiento (Costanzo *et al.*, 1995). Estos mecanismos hacen a estas especies únicas, interesantes e importantes de ser estudiadas, ya que las temperaturas mínimas de actividad las hacen comportarse como endotermos.

En cuanto a los índices de eficiencia térmica para *A. taeniata* a pesar de que los valores son distintos entre temporadas, el significado es similar. En otoño e invierno los valores de *E* (0.597 y 0.616 respectivamente) apoyan a que los organismos se comportan como termoconformistas, la calidad térmica del ambiente es baja en ambas temporadas (*db* = 1.98 y 2.02) y se observa una baja precisión en la selección de temperaturas (*de*= 4.91 y 5.27), estos resultados concuerdan con las diferencias en las temperaturas operativas (*To*) encontradas entre temporadas, pero no en las temperaturas corporales.

No obstante el valor de *E* -0.714 en primavera con *db* de 2.44 y *de* de 1.43, sugiere que en esta temporada del año, donde las temperaturas ambientales y las temperaturas corporales (Tc) fueron más altas, el ambiente parece brindar las temperaturas adecuadas a estos organismos. Sin embargo, los datos sugieren que los organismos lo evaden. No

obstante en esta estación el promedio de la  $T_c$  esta por encima del promedio de las temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ) y la  $T_{sel}$  mín. se encuentra dentro del promedio de las temperaturas ambientales. A pesar de que la primavera es la temporada más caliente, los organismos presentaron un intervalo mayor de horas de actividad.

En estudios previos, como el de *Aspidoscelis lineatissima* (Navarro-García *et al.*, 2008), donde se contrastaron dos índices de eficiencia térmica de 2 estaciones diferentes, pero en este caso temporadas de secas y lluvias, tampoco se encontró diferencia en el valor de dichos índices.

A pesar de que los intervalos de observación fueron diferentes entre estaciones, comenzando a observarse a los organismos a diferente hora, en las 3 estaciones coincide la temperatura a la que fueron registradas las primeras observaciones, estas oscilan entre los 13°C y los 15°C. En otoño e invierno el intervalo promedio de actividad finaliza entre los 14°C y los 15°C. Sin embargo, en primavera el intervalo llega hasta los 21°C alrededor de las 16:00hrs, cabe resaltar que esta es la temporada donde el intervalo de actividad fue más amplio, con 7.5hrs, las cuales son suficientes para que los organismos puedan realizar con sus actividades biológicas. Estas variaciones también han sido observadas por Underwood, (1992) y Hitchcock y McBrayer (2006), donde una misma especie puede variar su termorregulación según la estación.

En el caso de *A. taeniata* no se observó diferencia entre las temperaturas corporales ( $T_c$ ) de machos y hembras, ni se observó tendencia en cuanto a la talla del organismo y la  $T_c$ , estos resultados difieren a lo registrado en las investigaciones para otros organismos, por ejemplo en *Homonota* (Cruz *et al.*, 2005), *Garthia gaudichaudi* (Marquet *et al.*, 1990) y *Lacerta vivipara* (Patterson y Davies, 1978; Van Damme *et al.*, 1986).

Los intervalos de temperatura seleccionada ( $T_{sel}$ ) también exhiben una variación entre estaciones, sin embargo, la tendencia se invierte, ya que en primavera las  $T_{sel}$  son más

bajas y van de los 17.5°C hasta los 22.7°C y en otoño, la temporada donde las Tse/ son más altas y oscilan entre 21.2°C y 25.1°C.

Los modelos de predicción de extinción muestra que para las temporadas frías como son otoño e invierno a los organismos no les afectará el aumento de temperaturas en el ambiente en un futuro próximo. Esta propuesta, se ve apoyada con los valores de los índices de eficiencia térmica en dichas temporadas, ya que reflejan que existe una baja calidad térmica del ambiente y una baja precisión en la selección de temperaturas. Por lo cual el aumento de temperaturas ambientales podría incluso beneficiarles. Para el caso de las temporadas más cálidas, primavera y verano las predicciones son más cercanas (2100 y 2600). Sin embargo, el índice de eficiencia térmica para primavera muestra que en esta temporada los organismos evaden los micrositios con las temperaturas más altas, por lo que son estas estaciones las que podrían afectar y poner en riesgo a la especie.

## Conclusiones

La lagartija *Abronia taeniata* se comporta como termoconformista facultativa euritermica, ya que a pesar de que la temperatura corporal vario durante las 3 estaciones, la Tc estuvo relacionada con la del ambiente y en general se observó un amplio intervalo de actividad para la especie.

No se observaron diferencias entre las temperaturas corporales de machos y hembras de *Abronia taeniata*.

La temperatura corporal de los organismos de *A. taeniata* no presentó relación con el peso y la longitud hocico-cloaca de estos.

Para la predicción de afectación ante el calentamiento global en la temporada de apareamiento (otoño) e invierno, la proyección sugiere que el calentamiento global parece no estarle afectando en estas temporadas e incluso podría favorecerle. Pero en el caso de las temporadas más cálidas como son primavera y verano el aumento podría afectarles para el año 2100.

## Literatura Citada

- Avery, R.A. 1979. Lizards: a study in thermoregulation. Institute of Biology. Studies in biology. 109: 56pp.
- Beuchat, C.A. 1986. Reproductive influences on the thermoregulatory behavior of a live-bearing lizard. *Copeia*. 1986: 971-979.
- Blaustein, A.R., Belden, L.K., Olson, D.H., Green, D.M., Root., T.L. and Kiesecker, J.M. 2001. Amphibian Breeding and Climate Change. *Conservation Biology*. 15-6: 1804-1809.
- Campbell, J.A., y Frost, D. 1993. Anguid Lizard of the Genus *Abronia*: Revisionary Notes, Descriptions of Four New Species, A Phylogenetic Analysis, and Key. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 216: 121.
- Canseco-Márquez, L. and Mendoza-Quijano, F. 2007. *Abronia taeniata*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>
- Catenazzi, A., J., Carrillo y M. A. Donnelly. 2005. Seasonal and geographic eurythermy in a coastal Peruvian lizard. *Copeia*. 4:713-723.
- Christian K.A. y G. S., Bedford. 1995. Seasonal changes in thermoregulation by the Frillneck lizard, *Chlamydosaurus Kingii*, in tropical Australia. *Ecology*. 76-1:124-132.
- Costanzo, J.P., C. Grenot and R. E. Lee, Jr. 1995. Supercooling, ice inoculation and freeze tolerance in the European common lizard, *Lacerta vivipara*. *The Journal of Comparative Physiology B*. 165: 238 -244
- Cowles, R.B., and C. M. Bogert. 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 83: 261-296.

- Cruz, F.B., Kozykariaski, M., Perotti, M.G., Pueta, M. y L. Moreno. 2005. Variación diaria de la temperatura corporal en dos especies de lagartos nocturnos (Squamata, Gekkonidae, *Homonota*) con comentarios sobre el uso de refugios. Cuadernos de herpetología. 18-2: 15-22.
- Cunningham, J.D. 1966. Thermal relations of the alligator lizard *Gerrhonotus multicarinatus webbi*, Herpetologica. 22-1: 1-7.
- Dixon, J. R., y Lemos-Espinal, J.A., 2010. Anfibios y Reptiles del Estado de Querétaro, México. México. CONABIO y Universidad de Texas & M. México. 428pp.
- Enciclopedia de los Municipios de México. 2005. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal: <http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/veracruz/municipios/30072a.htm>
- Flores Villela, O. 1998. Herpetofauna del Estado de Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Bases de datos SNIBCONABIO proyecto No.A027. México, D.F.
- Good, D.A. 1988. Allozyme variation and phylogenetic relationships among the species of *Elgaria* (Squamata: Anguidae). Herpetologica. 44-2: 154-162.
- Hertz, P.E., Huey, R.B. and Stevenson, R.D. 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: The fallacy of the inappropriate question. American Naturalist. 142-5: 798-818.
- Hitchcock, M.A. and L.D. McBrayer, 2006. Thermoregulation in nocturnal ectotherms: seasonal and intraspecific variation in the mediterranean gecko (*Hemidactylus turcicus*). Journal of Herpetology. 40-2: 185-195.

- Hudson, R., Guichard, C., Flores-Villela, O. y Ellis, S. 2000. Conservación, asesoramiento y manejo planificado para lagartijas Abrotonia. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group. Tuxtla Gutierrez, Chiapas.
- Huey, R.B. 1974. Behavioral thermoregulation in Lizards: Importance of Associated Costs. *Science, New Series*. 184- 4140: 1001-1003.
- Huey, R.B. 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. in C. Gans and F H. Pough, editors. *Biology of the Reptilia*. Volume 12. Academic Press, London, UK. 25-91pp.
- Huey, R.B., Losos, J.B. and Moritz, C. 2010. Are Lizards Toast?. *Science*. 328: 832-33.
- Huey, R.B., C.R. Peterson, S.J. Arnold, and W.P. Porter. 1989. Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat-site selection by garter snakes and its thermal consequences. *Ecology*. 70: 931-944.
- Huey, R.B. and Slatkin, M. 1976. Cost and Benefits of lizard thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology*. 51-3: 363-384.
- Huey, R.B. and Webster, T.P. 1975. Thermal biology of a solitary lizard: *Anolis marmoratus* of Guadeloupe, lesser Antilles. *Ecology*. 56: 445-452.
- IPCC. 2002. Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC. 85 PP.
- Kearney, M., R. Shine, and W. P. Porter. 2009. The potential for behavioral thermoregulation to buffer “cold-blooded” animals against climate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106- 10: 3835– 3840.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith, and R.E. Ballinger. 1998. Temperature relationships of the Lizard, *Barisia imbricate*, from México. *Amphibia-Reptilia*. 19: 95-99.

- Marquet, P.A., F. Bozinovic, R.G. Medel, Y.L. Werner and F.M. Jaksic. 1990. Ecology of *Garthia gaudichaudi*, a gecko to the semiarid region of Chile. *Journal of Herpetology*. 24: 431-434.
- Martin, P. S. 1955. Herpetological records from the Gómez Farías region of southwestern Tamaulipas, México. *Copeia*. 3: 173-180.
- Martin, P. S. 1958. A biogeography of reptiles and amphibians in the Gomez Farias region, Tamaulipas, Mexico. Museum of Zoology, University of Michigan. 124pp.
- Martori, R., Aun, L. y Orlandini, S. 2002. Relaciones térmicas temporales en una población de *Liolaemus koslowskyi*. *Cuadernos de herpetología*. 16- 1: 33- 45.
- Mathies, T. y Andrews, M. R. 1997. Influence of pregnancy on the thermal biology of the lizard, *Sceloporus jarrovi*: why do pregnant female exhibit low body temperatures?. *Functional Ecology*. 11: 498 – 507.
- Navarro-García, J.C., A., García y F.R., Méndez de la Cruz. 2008. Estacionalidad, eficiencia termorreguladora de *Aspidoscelis lineatissima* (Sauria: Teiidae) y la calidad térmica del bosque tropical caducifolio en Chamela, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79-2: 413-419.
- Ochoa-Ochoa, L., O. Flores-Villela, U. García-Vázquez, M. Correa-Cano y L. Canseco-Márquez. 2006. “Áreas potenciales de distribución de la herpetofauna de México. especie: *Abronia taeniata*” (recortes). Extraído del proyecto DS009: 'Áreas potenciales de distribución y GAP análisis de la herpetofauna de México'. Museo de Zoología 'Alfonso L. Herrera' Facultad de Ciencias, UNAM. Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México.
- Patterson, J.W., and P.M.C. Davies. 1978. Preferred body temperature: seasonal and sexual differences in the lizard *Lacerta vivipara*. *Journal of Thermal. Biology*. 3:39–41.

- Rock, J., R.M. Andrews, and A. Cree. 2000. Effects of reproductive condition, season, and site on selected temperatures of a viviparous gecko. *Physiological Zoology*. 73:344–355.
- Seebacher, F. y R. Shine. 2004. Evaluating thermoregulation in Reptiles: The fallacy of the Inappropriately applied method. *Physiological and Biochemical Zoology*. 77-4:688-695.
- Shawn, S., J. Sartorius, P.S. do Amaral, R.D. Durtsche, C.M. Deen and W. I. Lutterschmidt. 2002. Thermoregulatory accuracy, precision, and effectiveness in two sand-dwelling lizards under mild environmental conditions. *Canadian Journal of Zoology*. 80:1966–1976.
- Shine, R., and M. Kearney. 2001. Field studies of reptile thermoregulation: how well do physical models predict operative temperature? *Functional Ecology*. 15: 282–288.
- Sinervo, B, Méndez-de-la-Cruz, F, Miles, D.B, Heulin, B, Bastiaans, E, Villagrán-Santa Cruz, M, Lara-Resendiz, R, Martínez-Méndez, N. Calderón-Espinosa, M.L, Meza-Lázaro, R.N, Gadsden, H, Avila, L.J, Morando, M, De la Riva, I.J, Victoriano, S.P, Duarte, R.C.F, Iburgüengoytía, N, Aguilar, P.C, Massot, M, Lepetz, V. Oksanen, T.A, Chapple, D.G, Bauer, A.M, Branch, W.R, Clobert, J. and Sites jr. J.W. 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science*. 328: 894-899.
- Smith G.R. and R.E. Ballinger. 1994. Thermal ecology of *Sceloporus virgatus* from southeastern Arizona, with comparison to *Urosaurus ornatus*. *Journal of Herpetology*. 28:65–69.
- Solano- Zavaleta, I., A.A. Mendoza-Hernández y U. O. García-Vázquez. 2007. Reporte del tamaño de la camada en *Abronia Taeniata* (Wiegmann, 1828). *Boletín de la Sociedad herpetológica Mexicana*. 15-1: 18-19.

- Sumichrast, F.E. 1873. Coup d'oeil sur la distribution géographique des reptiles au Mexique. Archives des Sciences Physiques et Naturelles. 46: 233-250.
- Tihen, J.A. 1949. The genera of gerrhonotine lizards. The American Midland Naturalist. 41:580-601.
- Underwood, H. 1992. Endogenous rhythms. In C. Gans and D. Crews (eds.), Biology of the Reptilia. 18: 229–297. University of Chicago Press, Chicago.
- Van Damme, R., D. Bauwens, and R.F. Verheyen. 1986. Selected body temperatures in the lizard *Lacerta vivipara*: variation within and between populations. Journal of Thermal Biology. 11:219–222.
- Vial, J. L. 1975. Thermal related activity in the MesoAmerican lizard *Gerrhonotus monticolus*. British Journal of Herpetology. 5-5: 491-495.
- Villamar, D. T.E. 1998. Contribución al conocimiento de las preferencias térmicas en anguidos (Reptilia, Sauria). Tesis. UNAM-Iztacala. pp 60
- Villavicencio, H.J., J.C. Acosta, G.B. Blanco y J. A. Marinero. 2012. Ecología térmica de la lagartija endémica *Liolaemus eleodori* (Iguania: Liolaemidae) en el Parque Nacional San Guillermo, San Juan, Argentina. Multequina. 21:17-23.
- Zaldívar, R. A., Walter S. y P. Heimes. 2002. *Abronia taeniata*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W026. México. D.F.
- Zug, G. R., Vitt, L.G. and Caldwell, G. P. 2001. Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians & Reptiles. Second Edition, Academic Press. 630 pp.