



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

TERMORREGULACIÓN EN *Barisia imbricata*
(SAURIA: ANGUIDAE)

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

ALEJANDRO MUÑOZ BRITO

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

COMITÉ TUTOR: DR. ANDRÉS GARCÍA AGUAYO
INSTITUTO DE BIOLOGÍA - UNAM
DR. DAVID VALENZUELA GALVÁN
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

MÉXICO, D.F.

JUNIO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

UNAM
 POSGRADO
 Ciencias Biológicas

COORDINACIÓN

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

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 6 de mayo de 2013, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** del alumno **MUÑOZ BRITO ALEJANDRO** con número de cuenta **509021139** con la tesis titulada "**Termorregulación en *Barisia imbricata* (Sauria: Anguidae)**", realizada bajo la dirección del **DR. FAUSTO ROBERTO MÉNDEZ DE LA CRUZ**:

Presidente: DR. HUGH MICHAEL DRUMMOND DUREY
 Vocal: DR. MANUEL FERIA ORTÍZ
 Secretario: DR. DAVID VALENZUELA GALVÁN
 Suplente: DRA. MARÍA MARCELA OSORIO BERISTAIN
 Suplente: DR. RUBÉN CASTRO FRANCO

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cd. Universitaria, D.F., a 25 de marzo de 2014.

M. del Coro Arizmendi

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



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

Unidad de Posgrado • Coordinación del Posgrado en Ciencias Biológicas Edificio B, 1er. Piso, Circuito de Posgrados Cd. Universitaria
 Delegación Coyoacán C.P. 04510 México, D.F. Tel. 5623 7002 <http://pcbiol.posgrado.unam.mx>

AGRADECIMIENTOS

Al **Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM**; por mi formación como profesional así como por las gestiones y facilidades otorgadas durante mi estancia como alumno.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por el apoyo económico mediante beca con número (CVU/Becario): 295014/225464, para la realización de esta investigación.

A los miembros del **Comité Tutor**:

Al **Dr. Fausto Roberto Méndez de la Cruz** por su apoyo como tutor así como por sus comentarios, sugerencias y aportaciones para la realización de este trabajo.

Al **Dr. Andrés García Aguayo** por sus valiosos comentarios y aportaciones que enriquecieron de manera significativa este trabajo.

Al **Dr. David Valenzuela Galván** por sus asesorías, observaciones, comentarios y aportaciones al presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por darme la oportunidad de continuar con mis estudios profesionales y al **Instituto de Biología, UNAM**; por las facilidades otorgadas para realizar mis estudios de posgrado.

Al personal de la **Coordinación del Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM**; en especial a **Lilia Jiménez Solís** por la gestión de los trámites para el otorgamiento de beca CONACyT, al **Dr. Ernesto Armando Rodríguez Reyes** encargado de la administración escolar y a la **Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga** coordinadora del programa.

Al **Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM** y al **Subcomité de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas**; por el apoyo para concluir mis estudios de posgrado.

Al personal de la **Oficina de Posgrado del Instituto de Biología, UNAM**; en especial a **Rocío González Acosta** por la gestión de los trámites académico-administrativos y al **Dr. Martín García Varela** por las facilidades otorgadas.

A mis **Profesores de Posgrado: Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez, Dr. Constantino Macías García, Dra. Laura Roxana Torres Avilés, Dra. María del Socorro Lozano García, Dr. Leopoldo Galicia Sarmiento y Dra. Margarita Caballero Miranda.**

A los **Miembros del Jurado: Dr. Hugh Michael Drummond Durey, Dr. Manuel Feria Ortíz, Dr. David Valenzuela Galván, Dra. María Marcela Osorio Beristain y Dr. Rubén Castro Franco**; por las observaciones y sugerencias realizadas al trabajo de tesis.

Al **Dr. Andrés García Aguayo y Mónica Altuzar Net** por la revisión del Abstract.

Al **Dr. Rubén Castro Franco** y a la **Dra. María Guadalupe Bustos Zagal** quienes han sido motivo y apoyo para continuar con mis estudios profesionales.

A todos aquellos que participaron en las salidas al campo.

DEDICATORIA

A mi abuelo **Dr. José Luis Brito Morales**. †

A mi madre **María Dolores Brito de la Fuente** por su apoyo incondicional para la realización de mis estudios profesionales.

A mis hermanos **Gabriela Muñoz Brito** y **Rubén Muñoz Brito**, en espera que el presente trabajo sirva de aliciente.

A **Laura Verónica Tovar Lona** quien me motiva a ser cada día mejor.

Al **Dr. Edmundo Brito de la Fuente** por su apoyo incondicional.

ÍNDICE

PÁGINA

1. RESUMEN.....7

2. ABSTRACT.....8

3. INTRODUCCIÓN.....9

4. ANTECEDENTES.....12

5. OBJETIVOS.....14

6. MATERIAL Y MÉTODO.....14

 Área de estudio.....14

 Distribución geográfica de *Barisia imbricata*.....17

 Descripción de *Barisia imbricata*.....19

 Eficiencia en la termorregulación.....21

 Trabajo de campo.....22

 Obtención de datos de los ejemplares capturados.....22

 Obtención de las temperaturas operativas.....22

 Trabajo de laboratorio.....24

 Gradiente térmico.....24

 Obtención de datos de los ejemplares en el gradiente térmico.....24

 Análisis estadísticos.....25

7. RESULTADOS.....25

 Temperaturas corporales de los ejemplares en campo.....26

 Temperaturas operativas.....29

 Temperaturas corporales de los ejemplares expuestos al gradiente térmico.....29

 Índices de eficiencia térmica.....30

8. DISCUSIÓN.....34

9. CONCLUSIÓN.....37

10. LITERATURA CITADA.....39

RESUMEN

La temperatura es un factor ambiental que influye de manera directa sobre la ecología de los reptiles y su regulación es de suma importancia, especialmente en ambientes extremos de alta montaña. La hipótesis del clima frío propone que la viviparidad surge en altas elevaciones, confiriendo a las hembras gestantes beneficios térmicos. De enero a diciembre de 2009, se evaluaron los requerimientos térmicos de la lagartija vivípara *B. imbricata* en la región norponiente del municipio de Huitzilac, Morelos, México; abarcando la estación de lluvias y secas. Utilizamos el protocolo propuesto por Hertz *et al.*, 1993 para determinar los índices de precisión en la termorregulación (db), evaluar la calidad térmica del hábitat (de) y determinar la eficiencia en la termorregulación (E); destacando los requerimientos térmicos entre hembras gestantes y no gestantes. Se usaron datos de 45 individuos (15 machos, 15 hembras no gestantes y 15 hembras gestantes). El ciclo de actividad diaria fue unimodal con un pico de actividad a las 13:00 horas y un total de 7 horas de actividad. No hubo diferencias significativas en la temperatura corporal ($T^{\circ}c$) en campo entre sexos, condición reproductora en hembras y estaciones del año (incluyendo lluvias y secas). La $T^{\circ}c$ correlacionó significativamente con la temperatura del aire ($T^{\circ}a$) y sustrato ($T^{\circ}s$). No se registraron diferencias significativas en la temperatura operativa ($T^{\circ}o$) entre las estaciones del año (incluyendo lluvias y secas). La temperatura de selección ($T^{\circ}sel$) no fue significativamente diferente entre los sexos y la condición reproductora en hembras, pero al compararla con la $T^{\circ}c$ de campo, la $T^{\circ}sel$ fue 5.93 °C más alta, con diferencias significativas. El índice de precisión en la termorregulación (db) fue de 3.91, la calidad térmica del hábitat (de) fue de 4.56 y la eficiencia en la termorregulación (E) fue 0.1419; esto indica que *B. imbricata* es una especie termoconformista.

Palabras clave: Temperatura corporal, termorregulación, variación estacional, índices de eficiencia térmica.

ABSTRACT

Temperature is an environmental variable that directly affects the ecology of reptiles and their regulation is critical, especially in extreme environments of high altitudes. The hypothesis states that the cold weather at high elevations viviparity arises, giving pregnant females thermal benefits. From January to December 2009, I evaluated the thermal requirements of the viviparous lizard *B. imbricata* in the northwest region of Huitzilac Morelos, Mexico; during the rainy and dry seasons. I use the protocol proposed by Hertz *et al.*, 1993 to determine the accuracy rates in thermoregulation (db), assess thermal habitat quality (de) and determine the effectiveness of temperature regulation (E), highlighting the thermal requirements between pregnant and non-pregnant females. Were captured 45 individuals (15 males, 15 non-pregnant females and 15 pregnant females). Daily activity cycle was unimodal with a peak of activity at 13:00, with a total of 7 hours of activity. There were no significant differences in the field's body temperature ($T^{\circ}c$) between sexes, reproductive condition in females and seasons (including the rainy and dry season). $T^{\circ}c$ correlated significantly with air temperature ($T^{\circ}a$) and substrate ($T^{\circ}s$). There was no significant difference in the operating temperature ($T^{\circ}o$) between season (including rainy and dry seasons). The temperature selection ($T^{\circ}sel$) was not significantly different between sexes and reproductive condition in females but when compared to the field $T^{\circ}c$, $T^{\circ}sel$ was 5.93°C higher with significant differences. The accuracy rate in thermoregulation (db) was 3.91, thermal habitat quality (de) was 4.56 and thermoregulation efficiency (E) was 0.1419, indicating that *B. imbricata* is thermoconformist.

Keywords: Body temperature, thermoregulation, seasonal variation, thermal efficiency ratios.

INTRODUCCIÓN

La temperatura es un factor ambiental que influye de forma directa sobre la temperatura corporal de organismos ectotérmicos como los reptiles. Específicamente en saurios, la temperatura ambiental tiene un papel fundamental en diversos procesos fisiológicos como la digestión, reproducción y termorregulación. La termorregulación puede definirse como la serie de procesos fisiológicos y conductuales que controlan el balance entre la ganancia y pérdida de calor corporal, que permiten a las lagartijas mantener una temperatura óptima dentro de ciertos intervalos, mínimos y máximos, debido a las fluctuaciones diarias, estacionales y geográficas en la temperatura ambiental (Ballinger *et al.*, 1970; Huey y Pianka, 1977; Hertz, 1981; Stevenson 1985a; Huey y Bennett, 1987; Brown 1996; Lemos-Espinal *et al.*, 1997a; Anguilletta *et al.*, 1999 y Woolrich-Piña *et al.*, 2006).

Los saurios pueden obtener calor por convección, al estar en contacto con capas de aire caliente o por radiación directa del sol (organismos heliotermos); y por conducción, al estar en contacto con algún sustrato (organismos tigmotermos) de mayor temperatura (Zug *et al.*, 2001; Woolrich-Piña *et al.*, 2006). Estos mecanismos de obtención de calor, influyen en la estrategia de aprovechamiento de la radiación térmica ambiental, y puede darse por dos vías según lo propuesto por Woolrich-Piña *et al.*, (2006): “mediante una termorregulación activa, en la cual, un organismo puede mantener su temperatura corporal por encima de la temperatura ambiental, y por medio de una [termorregulación] pasiva (termoconformismo) en la cual, [el organismo] va incrementando su temperatura conforme aumenta la temperatura ambiental” (p.138) (ver Huey y Slatkin, 1976; Pough *et al.*, 2001). En este sentido, la termorregulación en saurios es de vital importancia principalmente en ambientes extremos caracterizados por temperaturas altas y bajas (Huey y Slatkin, 1976; Hertz y Huey, 1981; Stevenson 1985b; Bauwens *et al.*, 1996 y Belliure *et al.*, 1996). Los ambientes extremos de alta montaña, como algunos bosques templados de México, donde predominan temperaturas bajas, son hábitat de diferentes especies de saurios; y dadas sus características como ambientes térmicamente deficientes u homogéneos, la capacidad de los saurios de obtener temperaturas corporales óptimas es limitada (Smith y Ballinger, 1994a; Mathies y Andrews, 1995; Lemos-Espinal y Ballinger, 1995 y Lemos-Espinal *et al.*, 1997a). Sin embargo algunos saurios pueden compensar el déficit de termorregulación haciendo uso de los microhábitats disponibles expuestos a sol/sombra o bien mediante estrategias de termorregulación conductual, permitiéndoles seleccionar temperaturas óptimas (Grant y Dunham, 1988, 1990; Smith *et al.*, 1993 y Hertz, 2004).

A este respecto, Woolrich-Piña *et al.*, (2006) mencionan que “la ecología térmica de lagartijas puede relacionarse con diferencias en el microhábitat utilizado por ambos sexos (ver Beuchat, 1986; Gillis, 1991; Smith *et al.*, 1993), así como a la condición [reproductora] de las hembras, en especies ovíparas como vivíparas (ver Vrcibradic y Rocha, 2004). Esta última relación se puede establecer debido a que la temperatura apropiada para optimizar el desarrollo embrionario [puede diferir] de la temperatura corporal alcanzada por las hembras” (p.138) (ver Beuchat, 1988; Andrews *et al.*, 1997).

Las especies vivíparas que habitan lugares con climas fríos a gran altitud o latitud, presentan características morfofisiológicas especiales y algunos autores han propuesto mediante la hipótesis del clima frío, que la viviparidad en reptiles pudo resultar como una adaptación a ambientes fríos mediante la retención de los huevos en hembras gestantes por un tiempo mayor; de este modo las hembras gestantes podrían termorregular para mantener a los embriones a temperaturas óptimas, lo que permitió a los organismos colonizar zonas de mayor altitud y latitud (Packard *et al.*, 1997; Tinkle y Gibbons, 1977; Shine *et al.*, 1979; Gillette *et al.*, 1980; Gillette, 1982; Shine, 1985; Qualls *et al.*, 1995).

Woolrich-Piña *et al.*, (2006) mencionan que “para algunas especies vivíparas, se han reportado tres tendencias mediante las cuáles las hembras [gestantes] regulan su temperatura corporal. Por un lado, se ha observado que termorregulan a temperaturas corporales más bajas con respecto a las hembras no [gestantes] (ver Garrick, 1974; Beuchat, 1986; Tosini y Avery, 1996). Por otra parte, se ha [documentado] que la regulación térmica de las hembras [gestantes] se lleva a cabo a una temperatura corporal mayor en relación a las hembras no [gestantes] (ver Stewart, 1984; Daut y Andrews, 1993; Rock *et al.*, 2000); [y] la última tendencia indica una termorregulación a temperaturas corporales similares entre hembras [gestantes] y no [gestantes]” (p.138-139) (ver Schwarzkopf y Shine, 1991; Lemos-Espinal y Ballinger, 1995). Se ha documentado que el factor temperatura desempeña un papel fundamental en el desarrollo y crecimiento de los embriones, sin embargo una exposición prolongada a temperaturas altas produce efectos deletéreos o aumenta la tasa de mortalidad (O'Donnell y Stevan, 2005).

Woolrich-Piña *et al.*, (2006) mencionan que “en la actualidad se considera que la termorregulación es un factor que puede explicar algunas características de historias de vida como son la madurez sexual, tamaño de la camada o de la puesta, tasas de crecimiento de crías y

supervivencia, entre otras” (p.138) (ver Stearns, 1976, 1992; Beuchat y Ellner, 1987; Sinervo y Adolph, 1989; Sinervo, 1990; Adolph y Porter, 1993; Anguilletta *et al.*, 2000).

El dimorfismo sexual en tamaño en ectotermos es común y tiene un papel importante en la modulación de la temperatura corporal (termorregulación), debido a que las diferencias intersexuales en el tamaño pueden originar diferencias en la termorregulación; además porque el dimorfismo sexual en tamaño es resultado de la tasa de crecimiento que depende en parte de la temperatura ambiental (McNab y Auffenberg, 1976; Bulté y Blouin-Demers, 2010). Existe una relación directa entre la superficie y el peso corporal con la inercia térmica; ectotermos de tamaño pequeño tienen más superficie por unidad de volumen, por lo tanto ganan y pierden calor más fácilmente que un ectotermo de mayor tamaño (Bulté y Blouin-Demers, 2010).

Woolrich-Piña *et al.*, (2006) mencionan que “los trabajos de Cowles y Bogert (1944) y Bogert (1949a y 1949b) han sido la base de la mayoría de los estudios sobre la termorregulación en lagartijas. Desde entonces se han realizado trabajos sobre termorregulación en lacertilios entre los que podemos destacar aquellos que relacionan la termorregulación con la fisiología, locomoción, crecimiento, frecuencia cardíaca, flujo de sangre, glucosa en sangre, y transferencia de calor, entre otras (Dunham *et al.*, 1989; Sinervo y Adolph, 1989, 1994; Sinervo, 1990; Benabib y Congdon 1992; O’Connor, 1999; Grenot *et al.*, 2000; Dzialowski y O’Connor, 2001); así como estudios ecológicos y evolutivos que tratan de explicar la temperatura corporal [de las lagartijas]” (p.138) (ver Ballinger *et al.*, 1970; Waldschmidt y Tracy, 1983; Huey y Bennett, 1987; Grant y Dunham, 1988, 1990; Smith *et al.*, 1993 y Smith y Ballinger, 1994a; Lemos-Espinal y Ballinger, 1995; Lemos-Espinal *et al.*, 1997a y b).

Dada la importancia que tiene el factor temperatura sobre la biología de los lacertilios, Hertz *et al.*, (1993) desarrollaron un método para evaluar la eficiencia de la termorregulación en ectotermos con base en la calidad térmica del hábitat y en la precisión para mantener la temperatura corporal dentro de los intervalos de temperatura preferidos. La precisión, exactitud y eficiencia en la termorregulación de una especie en particular estará estrechamente ligada a la calidad térmica del hábitat (Hertz, 1993; Shine y Kearney, 2001; Shawn *et al.*, 2002). Por lo tanto en ambientes térmicamente heterogéneos, la termorregulación es más precisa porque las especies tienen más alternativas para la obtención de calor (Huey y Slatkin, 1976), mientras que en ambientes con temperaturas cercanas a las óptimas la termorregulación será efectiva y requerirá de menor esfuerzo (Shawn *et al.*, 2002).

Este método ha facilitado la caracterización cualitativa y cuantitativa de la termorregulación en diversas especies de lagartijas en cuanto a la selección del hábitat (Bauwens *et al.*, 1996; Christian y Weavers, 1996; Grbac y Bauwens, 2001; Shawn *et al.*, 2002), repartición de recursos (Hertz, 2004), termorregulación nocturna (Kearney y Predavec, 2000) y el efecto de la estacionalidad en los mecanismos conductuales de termorregulación (Bauwens *et al.*, 1996; Díaz y Cabezas-Díaz, 2004).

ANTECEDENTES

Guillette y Casas-Andreu (1987) en un estudio sobre la biología reproductora de *Barisia imbricata*, con ejemplares colectados en Estado de México, Morelos y Distrito Federal en altitudes entre 3000-3400 msnm; observaron que los machos tienen recrudescencia testicular (= incremento del volumen testicular) en primavera, máxima actividad en el verano y regresión en otoño. Asimismo la recrudescencia testicular se correlaciona positivamente con el fotoperiodo y precipitación pero no con la temperatura; las hembras tienen un patrón de actividad verano/otoño con desarrollo folicular en verano, ovulación en otoño, y gestación durante los meses de invierno. El desarrollo folicular se correlaciona positivamente con el inicio de la precipitación en verano pero no con el aumento de temperatura o incremento del fotoperiodo.

Lemos-Espinal *et al.*, (1998) estudiaron la ecología térmica de *Barisia imbricata* con ejemplares de la Sierra del Ajusco, México; registran que la temperatura corporal fue de 26.6 °C. No encontraron correlación entre la temperatura corporal y la temperatura del aire, ni entre la temperatura corporal con la temperatura del sustrato. Tampoco hubo diferencias significativas entre las temperaturas corporales de hembras y machos. Mencionan que esta especie es capaz de mantener una mayor temperatura corporal en los días soleados y es necesario que los organismos se expongan al sol directa o indirectamente para mantener altas temperaturas corporales.

Villamar (2001) realizó un estudio sobre las relaciones térmicas de cuatro ánguidos bajo condiciones de laboratorio. Para *Barisia imbricata* ($n = 8$; 3 organismos colectados en Huayacocotla, Veracruz y 5 organismos de Tacámbaro, Michoacán) determinó la selección de temperaturas del aire (17.56 °C, rango = 9-30), sustrato (30.1°C, rango = 8.8-44.7) y cloacal (24.2 °C, rango = 12.2- 29.9); concluyó que el amplio intervalo en la temperatura cloacal ubica a esta especie como euritérmica (= especie que resiste grandes variaciones de temperatura), lo cual podría

permitirle mantenerse activa incluso durante periodos del día en que no alcanza una temperatura corporal óptima. Asimismo, la temperatura corporal correlacionó positivamente con la temperatura del aire y sustrato.

Grbac y Bauwens (2001) estudiaron las restricciones en la regulación de la temperatura de *Podarcis melisellensis* y *P. muralis* durante el otoño; y determinaron que la temperatura corporal era superior al rango de las temperaturas operativas y fueron mucho más cercanas a la temperatura de selección, observando que ambas especies termorregulan activamente la mayor parte del día.

Cortes *et al.*, 1992, estudiaron la dependencia térmica del teiido *Callopistes palluma* y realizó una comparación con los iguánidos *Liolaemus nigromaculatus* y *L. nitidus*. Determinaron que *C. palluma* es altamente termofílico y extremadamente estenotermo (= especie que no resiste grandes variaciones de temperatura), con una temperatura corporal preferencial de $39.2 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ valor que es significativamente más alto que en *L. nigromaculatus* ($31.7 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$) y *L. nitidus* ($33.7 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$). Estas características termobiológicas en *C. pulluma* limitarían el uso de alternativas térmicas aumentando el costo energético del tiempo de permanencia en la termorregulación y la presión de depredación durante los periodos de baja oferta térmica mostrando una estrategia bioenergética evasiva.

Báez y Cortes (1990), en un estudio sobre la termobiología del lagarto *Tropidurus quadrivittatus* observaron que la temperatura de actividad varía con las estaciones del año, en verano es de $36.0 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ y $34.0 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ en invierno. La temperatura preferida en los meses de invierno (28°C) no difiere de la observada en verano. Concluyeron que una temperatura preferencial relativamente estable a lo largo del año, permiten sugerir que la regulación y estabilidad de la temperatura corporal de esta especie estaría condicionada principalmente por las variaciones térmicas estacionales del ambiente; no obstante esta variación favorecería la disminución del costo energético de la termorregulación, especialmente durante los meses de invierno, donde el espectro térmico es menos favorable.

Serantes *et al.*, 2007, observaron que la temperatura corporal media de los adultos no grávidos y la de hembras gestantes de *Chalcides bedriagai* son más elevadas que en *C. striatus*. Solamente las hembras gestantes de ambas especies, tuvieron mayor correlación entre su temperatura corporal seleccionada y la temperatura ambiental que con la del sustrato.

Woolrich *et al.*, 2006, observaron que la temperatura promedio para hembras gestantes y no gestantes de *Sceloporus grammicus* fue de 30.42 °C y 31.68 °C respectivamente con diferencias significativas entre ambas condiciones reproductoras. Tomando la temperatura del sustrato como covariable determinaron que las hembras gestantes dependieron en mayor grado de la temperatura del microclima que las hembras no gestantes.

Navarro *et al.*, 2008, realizaron un estudio sobre la eficiencia en la termorregulación de *Aspidoscelis lineatissima* en el bosque tropical caducifolio (BTC) y el efecto de la estacionalidad en la calidad térmica del ambiente, concluyendo que la temperatura corporal y la de selección varió estacionalmente, las temperaturas operativas promedio fueron similares en cada estación al igual que los índices de precisión en la termorregulación, de calidad térmica del ambiente y la eficiencia en la termorregulación; determinaron que a pesar de la baja calidad térmica del BTC la especie tiene una eficiencia relativamente alta en su termorregulación.

OBJETIVOS

Describir la termorregulación de la lagartija vivípara *Barisia imbricata* en un ambiente de alta montaña. Determinar los índices de precisión en la termorregulación (*db*), evaluar la calidad térmica del hábitat (*de*) y la eficiencia termorreguladora (*E*) de *Barisia imbricata* utilizando el protocolo propuesto por Hertz *et al.*, (1993); destacando las preferencias térmicas en función del sexo y la condición reproductora en hembras, evaluar el efecto de la estacionalidad ambiental y determinar si hay diferencias entre las variables a evaluar.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

Se localiza a 3 km al sur del Parque Nacional Lagunas de Zempoala (19° 02' 25.9" de LN y 99° 18' 20.4" de LO) a una altitud de 2,861 msnm y con una superficie de 2.8459 hectáreas (GPS Garmin Etrex Legend® H) que corresponden a un valle, rodeado por tres laderas, representando el área de muestreo dentro del Área Natural Protegida Corredor Biológico Chichinautzin en el municipio de Huitzilac, en el norponiente de Morelos (Figura 1).

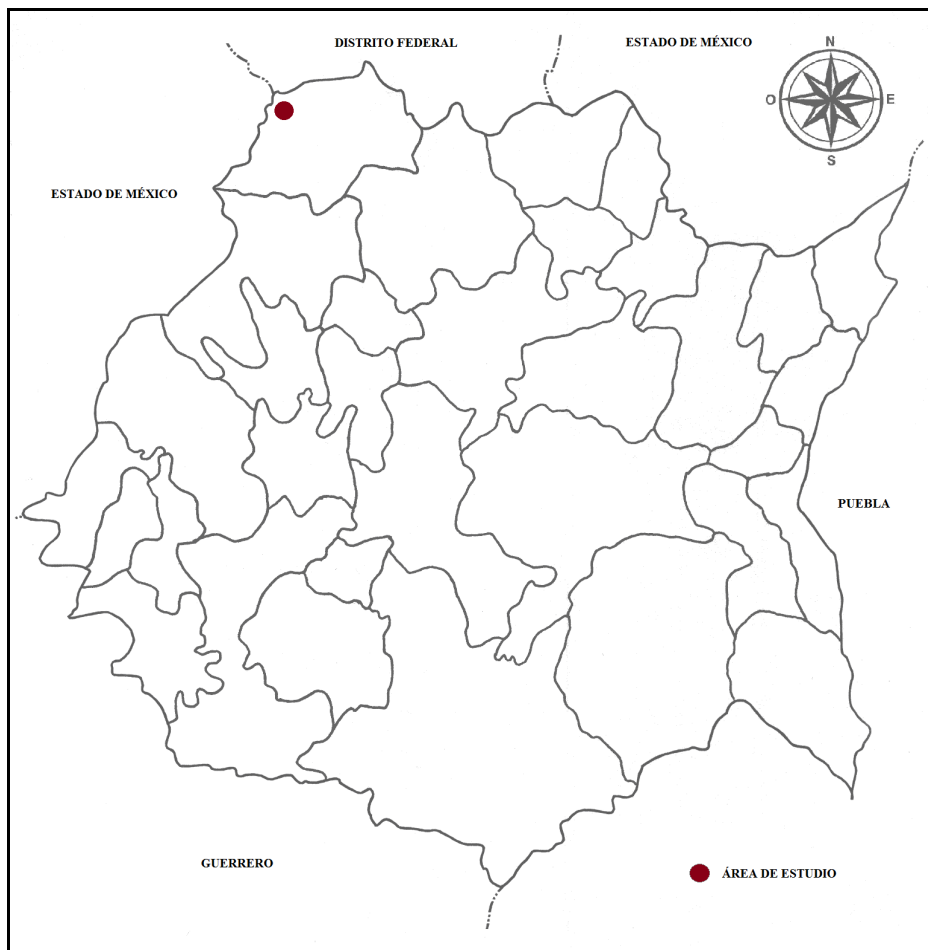


Figura 1. Área de estudio ubicada en Huitzilac, Morelos.

El Corredor Biológico Chichinautzin (COBIO) se ubica en el Eje Neovolcánico Transversal en la vertiente que se une a la cuenca del Río Balsas con un gradiente altitudinal que varía entre los 1,250 y 3,450 msnm; se localiza entre las coordenadas 18° 50' 30" y 19° 05' 40" de latitud norte y 98° 51' 50" y 99° 20' 00" de longitud oeste; y comprende los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Jiutepec, Tlalnepantla, Yautepec, Tlayacapan y Totolapan (DOF,1988).

De acuerdo con la clasificación de Köpen modificado por García (1964), el clima de la zona de estudio es del tipo Cw2(w)big que corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y se localiza en las partes más altas del COBIO a una altitud entre 2,200 y 2,800 msnm en los municipios de Huitzilac, Tepoztlán, Tlalnepantla, Atlatlahucan, Totolapan y Tetela del Volcán (Castro-Franco y Bustos, 2006). La temperatura promedio está comprendida entre los 12° y 18°C, con una precipitación media anual mayor de 800 mm. La mayor precipitación ocurre en agosto en un intervalo entre 320 mm y 330 mm, la menor en febrero y en diciembre con menos de 10 mm.

Los meses más cálidos son de Abril a Junio con una variación de la temperatura entre 13° y 14° C. El mes más frío es Enero con una temperatura entre 9° y 10° C, la marcha de temperatura es del tipo ganges.

La vegetación del área de estudio es bosque de pino (Figura 2), formado casi exclusivamente por *Pinus hartwegii* con algunas otras especies como *P. rudis*, *P. oocarpa*, *P. michoacana*, *P. douglasiana* y *P. ayacahuite* así como por pastos alpinos del genero *Festuca sp.* y *Muhlenbergia sp.* (López y Barrera, 1976; S.A.R.H. 1979 y Rzedowsky, 1987).



Figura 2. Vegetación típica del área de estudio (Fotografía de Muñoz-Brito).

Se elaboró un climograma con datos de temperatura y precipitación mensual para el año 2009 (Figura 3). Los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica CEIEPO (ubicada en Huitzilac; 19° 04' 39" LN, y 99° 23' 63" LO a 2,743 msnm) perteneciente a la Red de Estaciones Agrometeorológicas del estado de Morelos. La temperatura más baja se presentó en diciembre (8.94 °C) y la máxima en abril (13.44°C); la temperatura media anual fue de 11.70 °C. La mayor precipitación fue en septiembre (328.6 mm.) y la más baja en noviembre (0.2 mm.); la precipitación media anual fue de 109.98 mm.

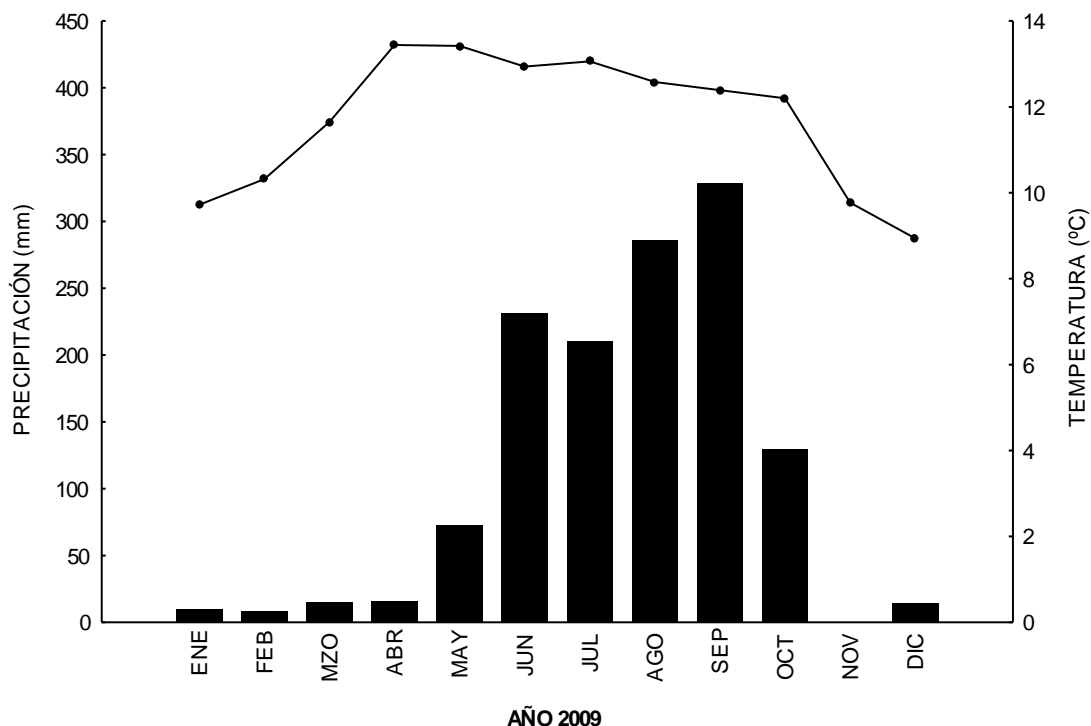


Figura 3. Climograma de la estación meteorológica (CEIEPO). Las barras oscuras representan la precipitación acumulada y la línea la temperatura media mensual.

Distribución geográfica de *Barisia imbricata*

El género *Barisia* es endémico a México y está conformado por 4 especies (*B. rudicollis*, *B. levicollis*, *B. imbricata* y *B. herrerae*) y 4 subespecies (*Barisia i. ciliaris*, *B. i. imbricata*, *B. i. jonesi* y *B. i. planifrons*) que habitan regiones templadas en el norte y centro del país en altitudes entre 2200 y 3800 msnm (Guillette y Smith, 1982; Good, 1988; Smith *et al.*, 2002; Zaldivar-Riveron y Nieto-Montes de Oca, 2002; Zaldivar-Riverón *et al.*, 2005).

La especie *B. imbricata* es una lagartija vivípara, endémica de México con distribución a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal comprendiendo los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Distrito Federal y parte de Oaxaca (Figura 4) y habita principalmente en el bosque templado. Es una especie diurna, terrestre e insectívora que comúnmente se observa en zonas abiertas con zacatonal.



Figura 4. Área potencial de distribución de *Barisia imbricata* en México (Ochoa-Ochoa *et al.*, 2006; CONABIO, 2009).

En Morelos se distribuye en la región norte (Figura 5) abarcando los municipios de Huitzilac (Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Tres Marías, Serranía del Chichinautzin), Tepoztlán (zona norte) y Tetela del volcán (alrededores); a una altitud entre 2,000 y 2,500 msnm (Castro-Franco y Bustos, 2003).

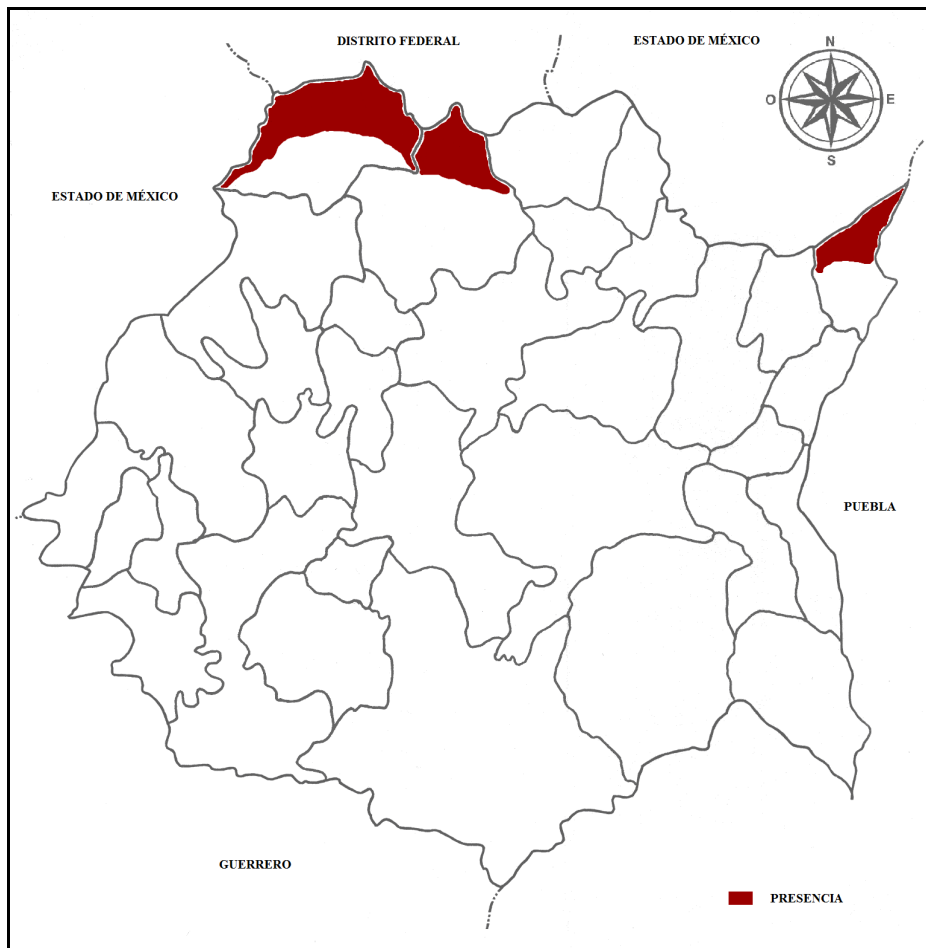


Figura 5. Distribución geográfica de *Barisia imbricata* en Morelos; localidades donde se tienen registros (Castro-Franco y Bustos, 2003).

Descripción de *Barisia imbricata* (Smith, Buró & Chiszard, 2002)

Lagartijas de cuerpo robusto, cabeza grande y triangular; extremidades bien visibles, las anteriores más delgadas que las posteriores. Con un pliegue bien definido a los lados del cuerpo. Escamas de la parte superior de la cabeza de igual tamaño. Una escama rostral, cuatro postrostrales, de las cuales dos pequeñas se localizan en el exterior y dos grandes en la parte interior; cuatro escamas internasales de irregular tamaño, dos frontonasales, dos prefrontales, una frontal poco agrandada, tres supraoculares de igual tamaño, una parietal ligeramente agrandada. Escamas supralabiales 10-10, infralabiales 8-8. Sobre el borde posterior de la abertura auditiva numerosas escamas granulares. Todas las escamas de la región dorsal son cuadrangulares y quilladas, especialmente las vertebrales y las paravertebrales. Las escamas cubiertas por el pliegue lateral granulares, y las ventrales cuadrangulares lisas. La coloración del dorso en general es verde olivo y el vientre de color amarillo tenue (Figura 6).

En esta especie la vitelogénesis sucede a finales de verano y otoño, la gestación continua durante el invierno mientras que el parto ocurre en primavera (Garland *et al.*, 1991; Guillette y Méndez de la Cruz, 1993). Todas las hembras se encuentran en condición post-parto (no gestantes) a finales de Junio (Zaldívar-Riverón *et al.*, 2005). Al nacer los neonatos tienen una longitud hocico-cloaca (LHC) promedio de 29.1 ± 0.5 mm. Las hembras son reproductivamente activas al alcanzar una LHC = 77.5 mm hasta 124.7 mm; mientras que los machos a una LHC = 87.1 mm hasta 148 mm; sin presentar dimorfismo sexual. El tamaño promedio de la camada es de 6.9 (Guillette y Casas-Andreu, 1987), sin embargo, Uribe-Peña *et al.*, (1999) menciona que las hembras de *B. imbricata* pueden tener un tamaño de camada de 4 a 12 crías.



Figura 6. Ejemplar de *Barisia imbricata* (Fotografía de Muñoz-Brito).

Esta lagartija es típicamente terrestre y de hábitos diurnos; presenta un forrajeo activo y su alimentación está constituida principalmente por insectos de los órdenes coleóptera, díptera, lepidóptera e himenóptera. Esta especie se encuentra sujeta a protección especial (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Eficiencia en la termorregulación

El método para determinar los índices de eficiencia en la termorregulación propuesto por Hertz *et al*, 1993; fue usado en este estudio y considera tres variables:

- 1) La *temperatura corporal* ($T^{\circ}c$); definida como la temperatura corporal de los individuos en un momento determinado de la actividad en campo.
- 2) La *temperatura operativa* ($T^{\circ}o$); definida como las temperaturas de un objeto inanimado (modelos de cobre).
- 3) La *temperatura de selección* ($T^{\circ}sel$), definida como las temperaturas corporales de un individuo durante la actividad en el gradiente térmico en laboratorio.

Así como los siguientes índices:

- 1) db (= *Precisión en la Termorregulación*); se obtuvo individualmente al comparar la $T^{\circ}c$ con el límite inferior o superior de la $T^{\circ}sel$ donde:
si $T^{\circ}c < T^{\circ}sel$ entonces $db = T^{\circ}c - T^{\circ}sel$ (límite inferior).
si $T^{\circ}c > T^{\circ}sel$ entonces $db = T^{\circ}c - T^{\circ}sel$ (límite superior).

Cuando los valores de $T^{\circ}c$ estuvieron dentro del intervalo se considera $db = 0$ (a cero). Valores altos de db implican una falta de la regulación de la $T^{\circ}c$, mientras que valores bajos (cerca de cero) implican alta precisión por parte del organismo.

- 2) de (= *Calidad térmica del hábitat*); expresada por la desviación en número absoluto entre la $T^{\circ}o$ y la $T^{\circ}sel$ siendo un indicador cuantitativo del promedio térmico de un hábitat desde la perspectiva del organismo, considerando el tipo de sustrato donde fueron encontrados. Valores altos indican baja calidad térmica y valores igual o cercanos a cero son térmicamente ideales.
- 3) E (= *Eficiencia en la termorregulación*); utilizando los promedios de db y de se calculó la eficiencia en la termorregulación con la siguiente ecuación $E = 1 - (db/de)$. Una E igual o cercana a cero (0) indica que los organismos no están termorregulando y se comportan como termoconformistas. En cambio una E cercana a uno (1) se refiere a organismos que termorregulan activamente.

Trabajo de campo

Se realizaron salidas al campo mensualmente en el periodo de enero a diciembre del 2009, con una duración de dos días cada una y en horario de 10:00 a 18:00 hrs., abarcando la época de lluvia y estiaje. La búsqueda de los ejemplares se realizó cuidadosamente bajo troncos, en cavidades del suelo y en zonas con zacatonal. La captura de los ejemplares se hizo en forma manual; las lagartijas que requirieron un esfuerzo mayor a 45 segundos para su captura fueron excluidas del análisis de temperatura (Andrews *et al.*, 1999).

Obtención de datos de los ejemplares capturados

De cada ejemplar capturado se registraron los siguientes datos: fecha y hora de captura, número de catálogo, microhábitat, sexo, LHC, peso corporal, temperatura corporal ($T^{\circ}c$), temperatura del aire ($T^{\circ}a$) y temperatura del sustrato ($T^{\circ}s$). La LHC fue obtenida con un vernier digital Truper® con escala de registro de 0-150 mm y precisión de ± 0.01 mm. El peso corporal se obtuvo con una Pesola® con escala de registro de 0-100 grs. y precisión de ± 0.1 grs. El registro de las temperaturas se hizo con un termómetro digital Fluke® 51 II de lectura rápida y termopar tipo K con precisión de ± 0.1 °C y escala de registro de -40 °C a 260° C. El sexo de los individuos machos fue determinado provocando la evaginación de los hemipenes. La condición reproductora en hembras fue determinada por palpación en la región abdominal con la finalidad de detectar folículos o embriones. Al término del registro de datos cada individuo fue marcado temporalmente utilizando tinta indeleble en la región ventral y fueron colocados en sacos de manta de 30 x 30 cm para trasladarlos al laboratorio, al término de la colecta, para obtener los índices de eficiencia térmica.

Obtención de las Temperaturas Operativas

Simultáneamente a la colecta se realizó el registro de las temperaturas operativas ($T^{\circ}o$) cada hora con 10 modelos de cobre de 146.0 mm de longitud y 22.22 mm de diámetro, los cuales fueron depositados en los microhábitats expuestos a sol y sombra donde se observaron las conductas termorreguladoras de los individuos (Figuras 7 y 8).



Figura 7. Ejemplar de *Barisia imbricata* en campo (Fotografía de Muñoz-Brito).



Figura 8. Termómetro Fluke y modelo de cobre utilizado para obtener el registro de las temperaturas operativas (T^o). Fotografía de Muñoz-Brito.

Trabajo de laboratorio

Gradiente térmico

Para determinar las temperaturas corporales de selección ($T^{\circ}sel$) los individuos fueron colocados en un terrario de madera de 1.50 m de longitud x 1.0 m de ancho x 0.50 m de alto (Figura 9), con 5 divisiones para evitar el contacto entre individuos e inhibir conductas territoriales o reproductoras; el gradiente térmico fue generado con focos de 150 w colocados a diferentes alturas para estandarizar un gradiente del aire de 20° a 50° C. Los organismos fueron alimentados con larvas de *Tenebrio sp. Ad líbitum*. Para evitar que la desecación por deshidratación tuviera un efecto sobre la $T^{\circ}sel$, en el extremo frío se colocó agua para mantener a los organismos hidratados (Crowley, 1987).



Figura 9. Obtención de la $T^{\circ}sel$ de hembras gestantes en el gradiente térmico (Fotografía de Muñoz-Brito).

Obtención de datos de los ejemplares en el gradiente térmico

Todos los individuos se aclimataron durante una hora en el gradiente térmico previo al registro de datos, para que lo usaran de manera eficiente (Mathies y Andrews, 1995). La $T^{\circ}sel$ fue registrada cada dos horas empleando un termómetro digital de registro rápido tipo Fluke® 51 II de termopar tipo K, de 10:00 a 18:00 hrs; obteniéndose en total cinco datos de $T^{\circ}sel$ para cada

individuo, dichos valores fueron promediados para tener independencia en los datos quedando solo un valor de T^{sel} promedio para cada individuo. El intervalo de temperaturas preferidas (*set point range*; ver Hertz *et al.*, 1993) fue calculado utilizando las temperaturas del 50% de los datos centrales de cada individuo; se obtuvieron los límites inferior (25%) y superior (75%) de la distribución de los datos obtenidos en el gradiente térmico.

Para evitar la duplicación de datos por recaptura, se utilizó un marcaje individual permanente consistente en la ectomización de falanges distales (Waichman, 1992.); posteriormente todos los individuos fueron liberados en la zona de estudio.

Análisis estadísticos

Se realizaron Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía si los datos cumplían las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas; pruebas de Kruskal-Wallis para comparación de varianzas, pruebas de Mann-Whitney para datos no paramétricos y análisis de Regresión Lineal Simple. Todas las pruebas se consideraron significativas con $P < 0.05$. Los datos se muestran como media, mínimo-máximo \pm desviación estándar y coeficiente de variación ($CV = \text{STD}/\text{promedio} * 100$). Todos los análisis fueron procesados con el programa Statistica 7.0.

RESULTADOS

Se realizó la captura de 45 ejemplares adultos de *B. imbricata*. Los machos tuvieron una LHC promedio de 108.84 mm. (99.88-117.09 \pm 5.09, $CV = 4.67$, $n = 15$) y un peso promedio de 27.23 gramos (16.6-35.1 \pm 6.0, $CV = 22.04\%$, $n = 15$), las hembras no gestantes una LHC de 111.19 mm. (78.08-124.34 \pm 12.48, $CV = 11.22$, $n = 15$) y un peso de 17.76 gramos (9.0-22.5 \pm 3.24, $CV = 18.22\%$, $n = 15$) y las hembras gestantes una LHC de 109.42 mm. (97.72-119.26 \pm 6.65, $CV = 6.07\%$, $n = 15$) y un peso de 27.01 gramos (21.6-34.6 \pm 4.27, $CV = 15.81\%$, $n = 15$); sin diferencias significativas en el tamaño corporal ($F_{1,45} = 0.2987$, $P = 0.7433$).

Hubo diferencias significativas en el peso corporal entre sexos y condición reproductora en hembras ($F_{1,45} = 20.295$, $P = 0.0000$) (Fig. 10). La prueba *post-hoc* de Tukey mostró que las hembras no gestantes difieren en el peso corporal respecto a los machos y hembras gestantes (*Tukey*

$HSD = 0.0001$); es decir los machos y hembras gestantes son 9.97 y 9.75 gramos más pesados respectivamente que las hembras no gestantes.

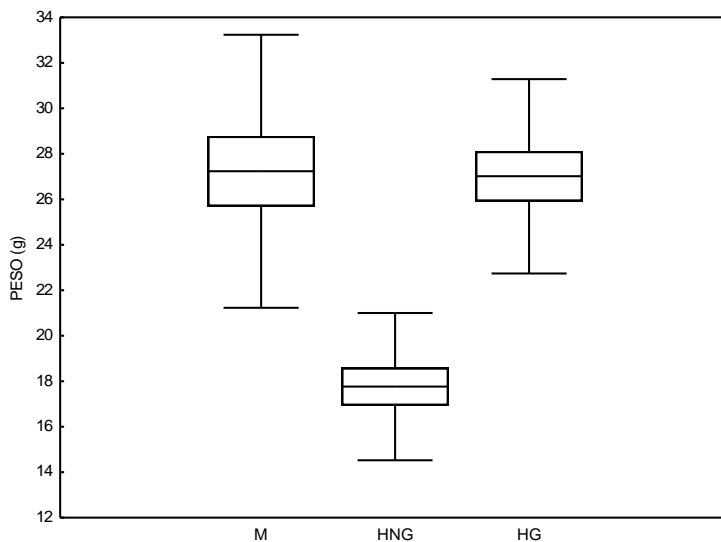


Fig. 10. Diferencias significativas en el peso corporal de *B. imbricata* (M= machos, HNG= hembras no gestantes y HG= hembras gestantes). Mostrando barras de error estándar.

Temperaturas corporales de los ejemplares en campo

La $T^{\circ}c$ promedio de *B. imbricata* fue de 22.43 °C (11.3-30.6 ± 3.69, $n = 45$). Los machos presentaron una $T^{\circ}c$ de 22.37 °C (16.0-28.0 ± 3.43), las hembras no gestantes de 22.44 °C (17-30.6 ± 3.18) y las hembras gestantes de 22.49 °C (11.3-29.8 ± 4.57); sin diferencias significativas en la $T^{\circ}c$ ($F_{1,45} = 0.0038$, $P = 0.9961$).

La temperatura promedio del aire ($T^{\circ}a$) fue de 19.59 °C (13.0-29.5 ± 3.25, $n = 45$) y la del sustrato ($T^{\circ}s$) de 19.24 (8.6-34.3 ± 4.23, $n = 45$); sin diferencias significativas entre variables ($F_{1,90} = 0.1852$, $P = 0.6679$). La $T^{\circ}c$ de *B. imbricata* estuvo correlacionada significativamente con la $T^{\circ}a$ ($R^2 = 0.2050$, $r = 0.4528$, $F_{1,45} = 11.0894$, $P = 0.0018$) y con la $T^{\circ}s$ ($R^2 = 0.1821$, $r = 0.4270$, $F_{1,45} = 9.5763$, $P = 0.0034$) (Figuras 11 y 12).

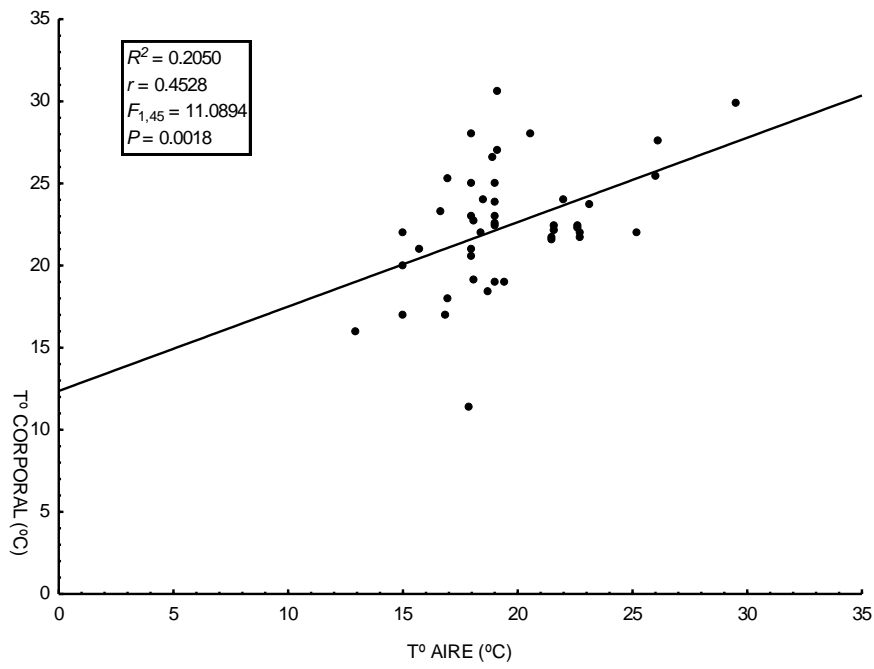


Figura 11. Regresión lineal significativa entre la T^c de *B. imbricata* y la T^a .

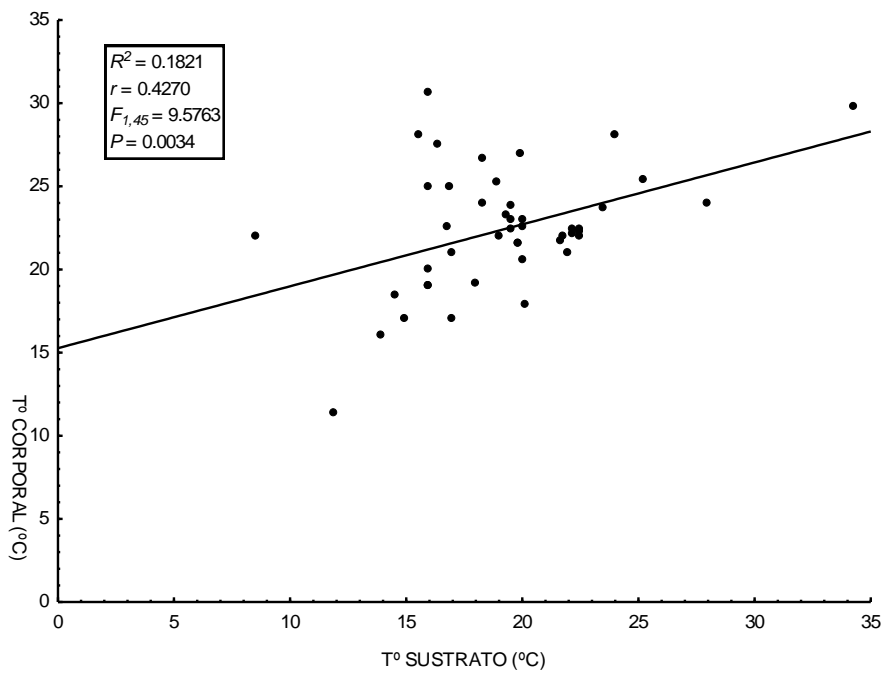


Figura 12. Regresión lineal significativa entre la T^c de *B. imbricata* y la T^s .

El ciclo de actividad diaria para *B. imbricata* fue unimodal, con actividad en las primeras horas del día (10:00 horas) y un pico de actividad alrededor de las 13:00 horas (Figura 13). La actividad en general inició alrededor de las 10:00 horas y finalizó a las 17:00 horas, con un total de 7 horas de actividad.

Al comparar la $T^{\circ}c$ promedio para las estaciones de Primavera-Verano ($22.11^{\circ}C$, $11.3-29.8 \pm 4.04$, $n = 32$) y Otoño-Invierno ($23.20^{\circ}C$, $21.5-30.6 \pm 2.59$, $n = 13$), no hubo diferencias significativas ($F_{1,45} = 0.8064$, $P = 0.3741$).

La temperatura ambiental promedio en la estación de lluvias (de mayo a octubre) fue de $12.76^{\circ}C$ y en la estación seca (de noviembre a abril) de $10.64^{\circ}C$. La $T^{\circ}c$ durante la estación de lluvias fue de $22.23^{\circ}C$ ($16.0-30.6 \pm 3.16$, $n=33$) y en la estación seca de $22.97^{\circ}C$ ($11.3-29.8 \pm 4.98$, $n=12$), sin diferencias significativas entre estaciones ($F_{1,45} = 0.3503$, $P = 0.5570$).

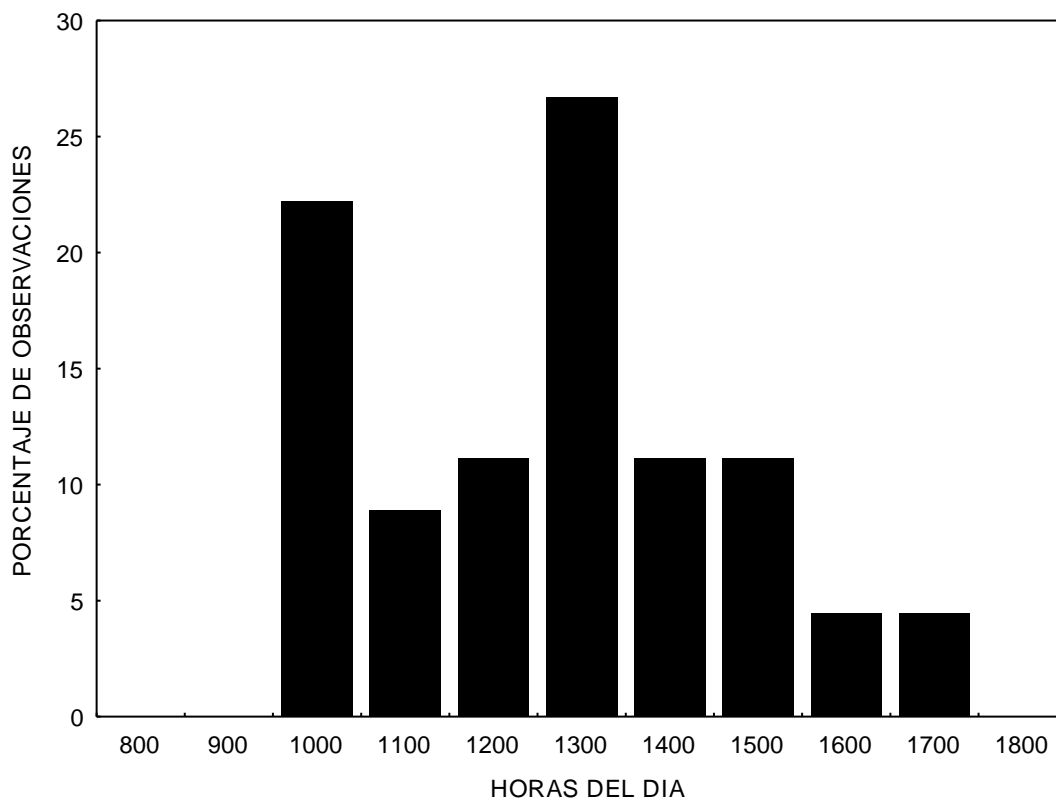


Figura 13. Patrón de actividad diaria de *Barisia imbricata*.

Temperaturas operativas

La temperatura operativa (T^o) promedio fue de 27.52 °C (5.1-59.28 ± 8.87, $n = 900$). En la estación de Primavera-Verano la T^o fue de 27.99°C (6.48-59.28 ± 8.54, $n = 630$) y en Otoño-Invierno de 26.41°C (5.1-52.45 ± 9.50, $n = 270$); sin diferencias significativas entre estaciones ($H = 2.5869$, $gl = 1$, $P = 0.1077$, $n = 900$). Durante la estación de lluvias la T^o fue de 27.50 °C (5.1-59.28 ± 8.44, $n = 540$) y en la estación seca de 27.55 °C (6.48-52.41 ± 9.47, $n = 360$); sin diferencias significativas en la T^o entre ambas estaciones ($H = 0.0348$, $gl = 1$, $P = 0.8520$, $n = 900$).

Temperaturas corporales de los ejemplares expuestos al gradiente térmico

La temperatura corporal de selección (T^{sel}) promedio preferida en laboratorio por *B. imbricata* fue de 28.36 °C (24.56-32.1 ± 1.78, $n = 45$). Los machos tuvieron una T^{sel} de 28.55 °C (25.50-30.68 ± 1.44, $n = 15$), las hembras no gestantes de 28.19°C (25.2-29.84 ± 1.20, $n = 15$) y las hembras gestantes de 28.35°C (24.56-32.1 ± 2.53, $n = 15$). No hubo diferencias significativas en la T^{sel} entre sexos y condición reproductora en hembras ($H = 0.7671$, $gl = 2$, $P = 0.6814$, $n = 45$) (Tabla 1). Al comparar las T^c de campo con las T^{sel} hubo diferencias estadísticamente significativas ($H = 48.22$, $gl = 1$, $P = 0.0000$, $n = 90$); para machos ($H = 9.4273$, $gl = 1$, $P = 0.0021$), para hembras no gestantes ($H = 8.2037$, $gl = 1$, $P = 0.0042$) y para hembras gestantes ($H = 11.0156$, $gl = 1$, $P = 0.0009$) (Tabla 2).

Tabla 1. Temperatura de selección (T^{sel}) e intervalo de T^{sel} (*set point range*) para machos hembras no gestantes, hembras gestantes y ambos sexos. Media ± desviación estándar.

<i>B. imbricata</i>	<i>n</i>	T^{sel} (°C)	T^{sel} (°C)	
			<i>(set point range)</i>	
			Límite Inferior Cuartil 25%	Límite Superior Cuartil 75%
Machos	15	28.55±1.44	27.05±1.88	30.5±1.28
Hembras no Gestantes	15	28.19±1.20	26.05±1.92	29.9±1.02
Hembras Gestantes	15	28.35±2.53	25.25±1.32	31.0±1.43
Ambos Sexos	45	28.36±1.78	26.0±1.75	30.5±1.27

Índices de eficiencia térmica

El índice de precisión en la termorregulación (*db*) para *B. imbricata* fue de 3.91 ± 3.14 ($n = 45$). Los machos tuvieron una *db* de 4.74 ± 3.32 , las hembras no gestantes de 3.96 ± 2.40 y las hembras gestantes de 3.51 ± 3.63 ; sin diferencias significativas en la *db* entre sexos y condición reproductora en hembras ($H = 1.8422$, $gl = 2$, $P = 0.3981$) (Tabla 2). La *db* para la estación de Primavera-Verano fue de 4.34 ± 3.59 y para Otoño-Invierno de 3.40 ± 1.42 ; sin diferencias significativas ($H = 0.0157$, $gl = 1$, $P = 0.9003$). Para la estación de lluvias y secas la *db* fue de 4.29 ± 2.76 y 3.46 ± 4.07 respectivamente sin diferencias significativas ($H = 2.1442$, $gl = 1$, $P = 0.1431$).

El índice de calidad térmica del hábitat (*de*) para el área de estudio a lo largo del año fue de 4.56 ± 4.54 °C ($n = 1440$). La calidad térmica del hábitat para machos fue de 4.93 ± 4.56 , para hembras no gestantes fue de 4.24 ± 4.43 y para hembras gestantes de 4.86 ± 4.66 ; con diferencias significativas ($H = 8.1094$, $gl = 2$, $P = 0.0173$). La prueba *post-hoc* de Dunn mostró que machos y hembras no gestantes difieren entre sí en la *de* ($P = 0.0184$) y que las hembras gestantes no son significativamente diferentes a los machos ($P = 1.0000$) y hembras no gestantes ($P = 0.1175$). La *de* para Primavera-Verano fue de 4.98 ± 4.61 °C ($n = 630$) y Otoño-Invierno de 5.60 ± 5.70 °C ($n = 270$); sin diferencias significativas entre estaciones ($H = 0.0772$, $gl = 1$, $P = 0.7810$, $n = 900$). Para la estación de lluvias la *de* fue de 4.69 ± 4.93 °C ($n = 540$) y para la estación seca de 5.88 ± 4.94 °C ($n = 360$); hubo diferencias significativas entre ambas estaciones ($F_{1,900} = 12.58$, $P = 0.0004$) (Tabla 3).

El índice de eficiencia en la termorregulación (*E*) para *B. imbricata* fue de 0.1419 lo cual indica que se comporta como una especie termoconformista. La $T^{\circ}c$ de machos, hembras no gestantes y hembras gestantes fue menor a las $T^{\circ}o$, destacando que la distribución de la $T^{\circ}c$ fue más reducida que la de $T^{\circ}o$. Así mismo, la $T^{\circ}c$ de *B. imbricata* (22.43 °C) se aleja de la distribución de la $T^{\circ}sel$ (28.36 °C), es decir la $T^{\circ}c$ en campo fue 5.93 °C más baja que la $T^{\circ}sel$ (Figuras 14, 15, 16 y 17); donde el área cuadrículada representa el intervalo de $T^{\circ}sel$). La *E* para Primavera-Verano fue de 0.12 y para Otoño-Invierno de 0.39. La *E* para lluvias fue de 0.08 y para secas de 0.41.

Tabla 2. Temperatura corporal (T^c), temperatura operativa (T^o), temperatura de selección (T^{sel}) precisión en la termorregulación (db), calidad térmica del hábitat (de) y eficiencia en la termorregulación (E). Media \pm desviación estándar.

<i>B. imbricata</i>	<i>n</i>	T^c (°C)	T^o (°C)	T^{sel} (°C)	db (°C)	de (°C)	E
Machos	15	22.37 \pm 3.43	25.58 \pm 7.40	28.55 \pm 1.44	4.74 \pm 3.32	4.93 \pm 4.56	0.0384
Hembras no Gestantes	15	22.44 \pm 3.18	26.85 \pm 7.48	28.19 \pm 1.20	3.96 \pm 2.40	4.24 \pm 4.43	0.0670
Hembras Gestantes	15	22.49 \pm 4.57	28.80 \pm 8.96	28.35 \pm 2.53	3.51 \pm 3.63	4.86 \pm 4.66	0.2777
Ambos Sexos	45	22.43 \pm 3.69	26.98 \pm 8.05	28.36 \pm 1.78	3.91 \pm 3.14	4.56 \pm 4.54	0.1419

Tabla 3. Temperatura corporal (T^c), temperatura operativa (T^o), precisión en la termorregulación (db), calidad térmica del hábitat (de) y eficiencia en la termorregulación (E). Media \pm desviación estándar.

<i>B. imbricata</i>	<i>n</i>	T^c (°C)	T^o (°C)	Índices de Eficiencia Térmica		
				db (°C)	de (°C)	E
Primavera-Verano	32	22.11 \pm 4.04	27.99 \pm 8.54	4.34 \pm 3.59	4.98 \pm 4.61	0.12
Otoño-Invierno	13	23.20 \pm 2.59	26.41 \pm 9.50	3.40 \pm 1.42	5.60 \pm 5.70	0.39
Lluvias	33	22.23 \pm 3.16	27.50 \pm 8.44	4.29 \pm 2.76	4.69 \pm 4.93	0.08
Secas	12	22.97 \pm 4.98	27.55 \pm 9.47	3.46 \pm 4.07	5.88 \pm 4.94	0.41

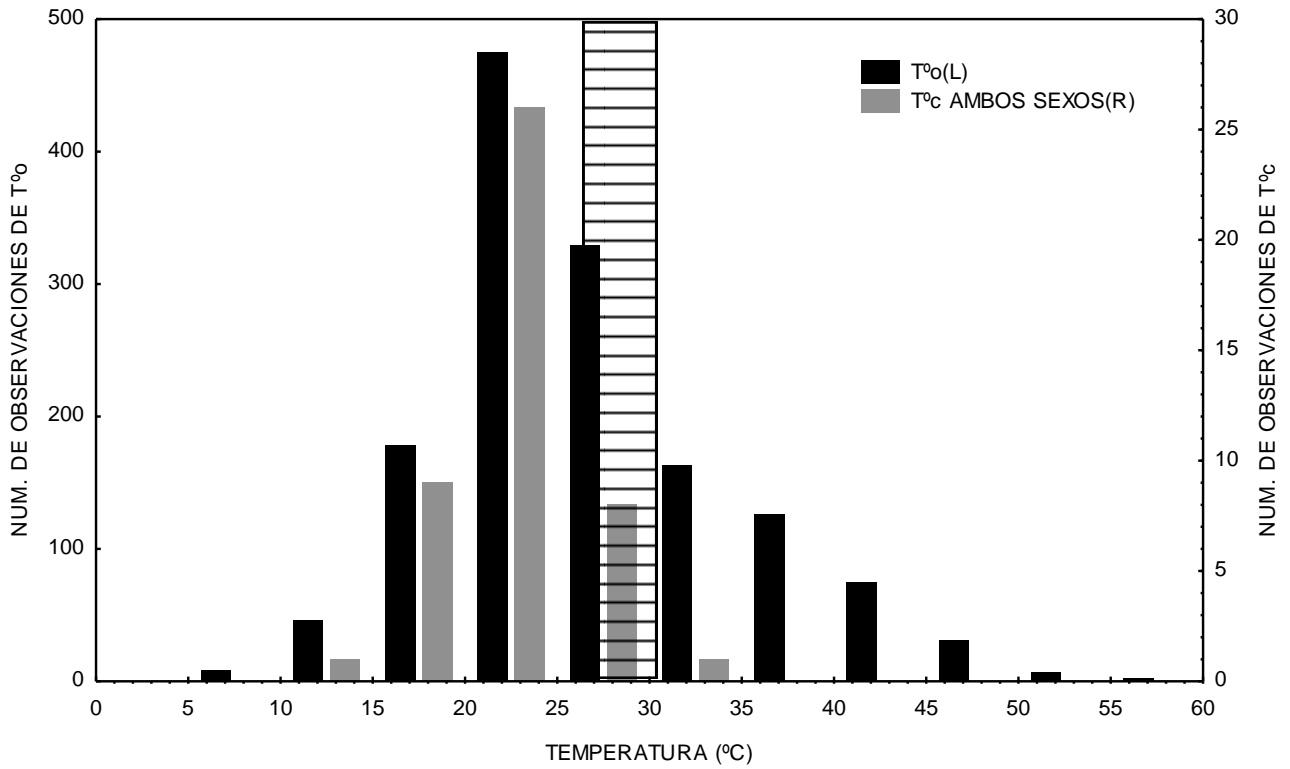


Figura 14. Distribución de la T^c de *B. imbricata*, T^o e intervalo de la T^sel (representado por la barra cuadrículada).

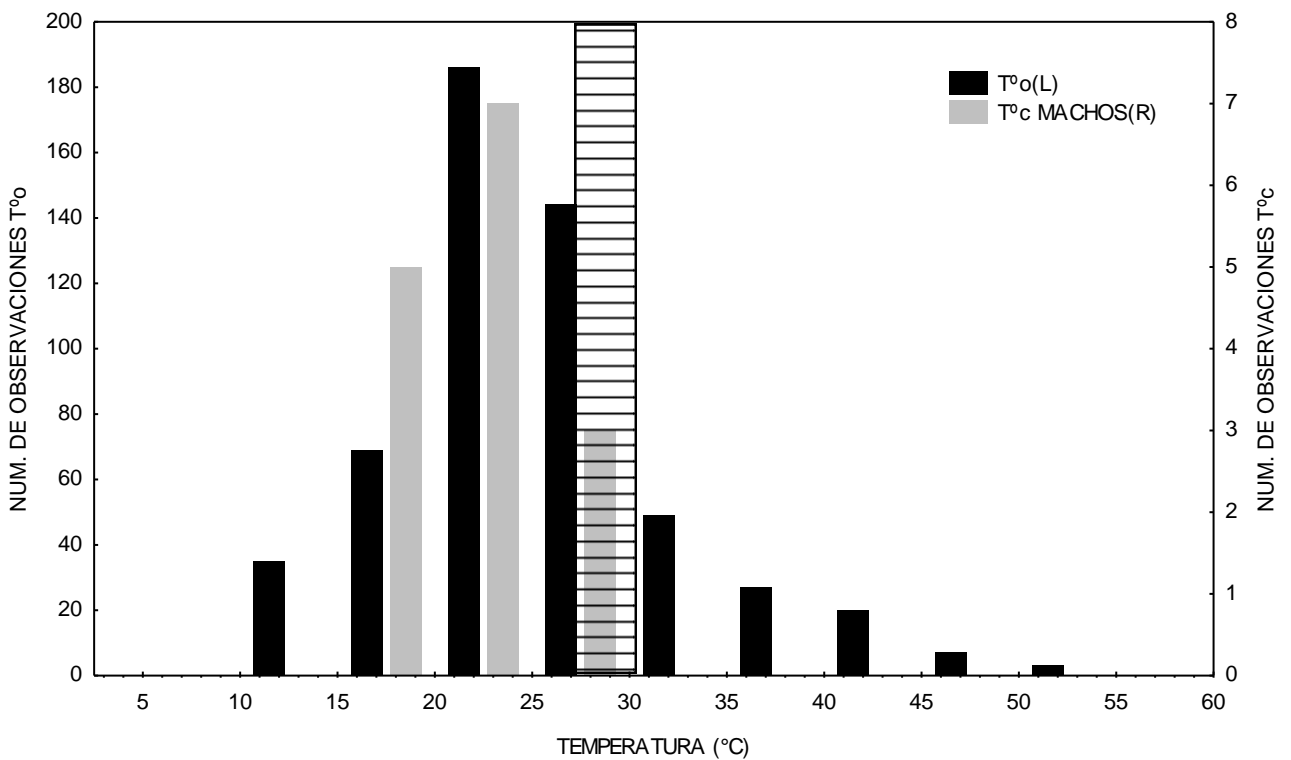


Figura 15. Distribución de la T^c de machos, T^o e intervalo de la T^sel (representado por la barra cuadrículada).

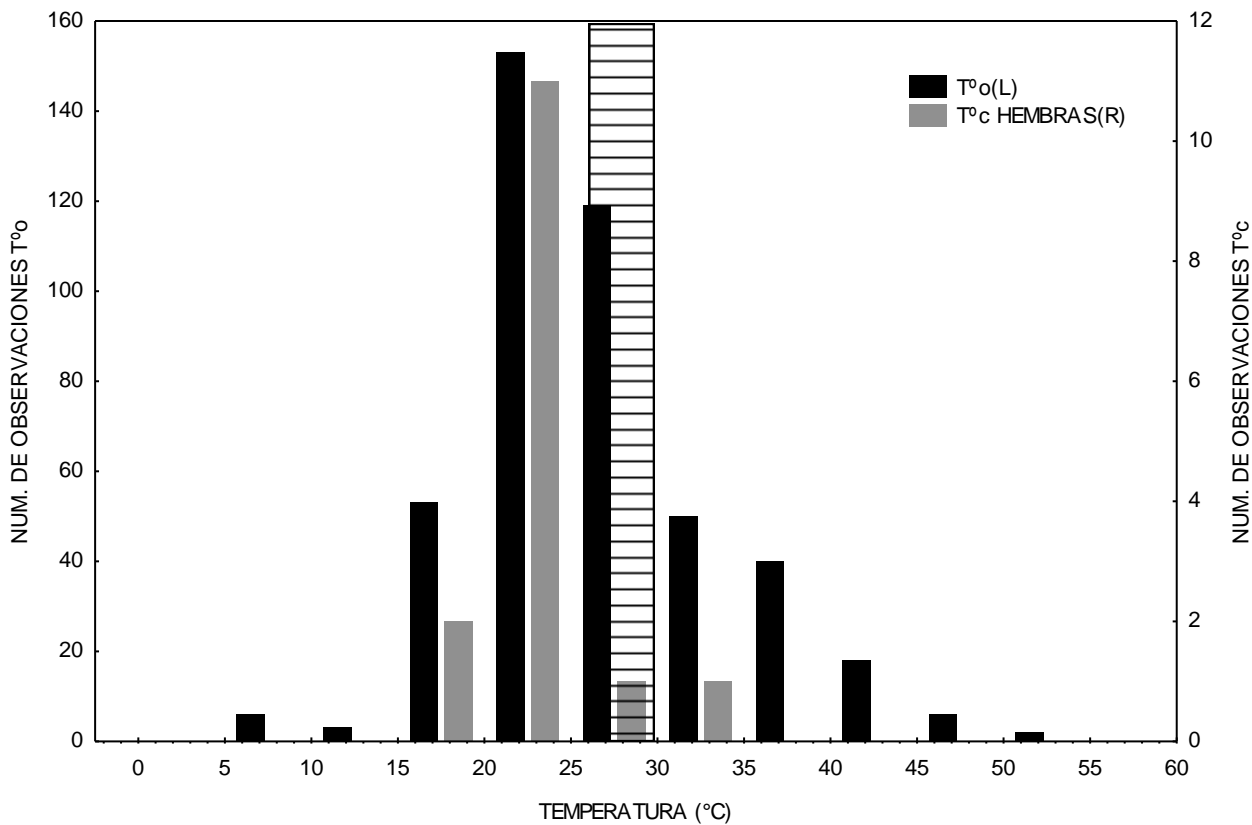


Figura 16. Distribución de la $T^{\circ}c$ de hembras no gestantes, $T^{\circ}o$ e intervalo de la $T^{\circ}sel$ (representado por la barra cuadriculada).

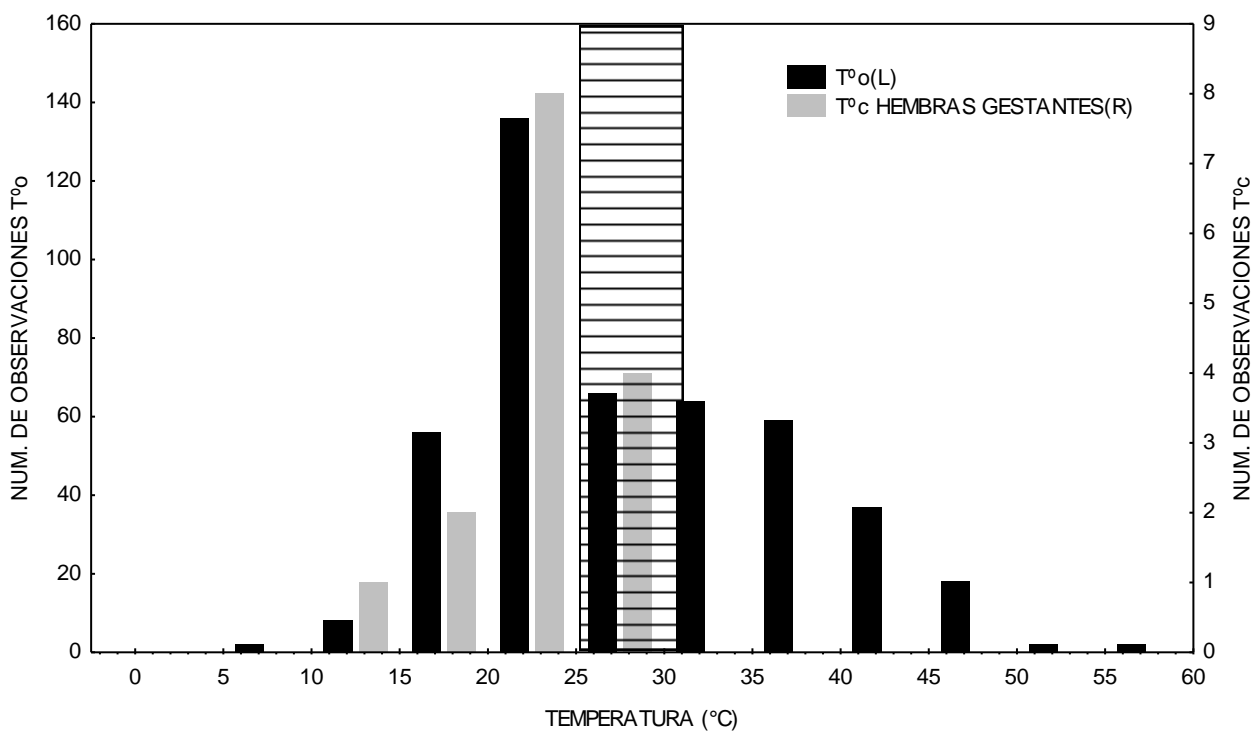


Figura 17. Distribución de la $T^{\circ}c$ de hembras gestantes, $T^{\circ}o$ e intervalo de la $T^{\circ}sel$ (representado por la barra cuadriculada).

DISCUSIÓN

Todos los ejemplares de *B. imbricata* capturados durante esta investigación fueron obtenidos en periodos de actividad normal de 10:00 a 18:00 hrs.

Los organismos no presentaron diferencia significativa en el tamaño corporal (LHC) entre machos y hembras; para esta especie no se reporta dimorfismo sexual en talla debido a que los individuos adultos reproductivamente activos tienen poca variación en la longitud promedio del cuerpo (Guillette y Casas-Andreu, 1987). Posiblemente existan diferencias entre sexos en el ancho y largo de la cabeza, ya que los machos capturados suelen ser más robustos en esta región corporal, sin embargo se requieren más trabajos enfocados a la morfometría de esta especie para tener una descripción cuantitativa de la forma y determinar con exactitud si existe dicha variación morfológica y cuál es su magnitud.

Hubo diferencia significativa en el peso corporal. Los machos y las hembras gestantes fueron más pesados que las hembras no gestantes. Al respecto se han identificado diversos costos asociados con la reproducción en hembras gestantes, en cuanto al peso corporal y una disminución del desempeño locomotor, la restricción de actividades ecológicas como el forrajeo y una menor exposición ante depredadores (Huzac, 2006).

El efecto de un mayor peso corporal supone para las hembras gestantes, una disminución en cuanto a la capacidad de realizar desplazamientos frecuentes entre áreas para termorregular eficientemente, esto conlleva a una disminución en el uso de microhábitats disponibles y a mantener una $T^{\circ}c$ menor respecto a las hembras no gestantes; en este sentido la gestación implicaría cambios en el comportamiento termorregulador (Braña, 1993; Shine, 2003). Así mismo, habría una disminución de la velocidad de escape en presencia de un depredador potencial; aunque algunos autores mencionan que las hembras gestantes de especies vivíparas son menos vulnerables a la depredación al modificar el comportamiento de escape mediante la cripsis y una tendencia a permanecer más cerca del refugio (Bauwens y Thoen, 1981; Itonaga *et al.*, 2012). Por lo tanto se esperaría que las hembras no gestantes de *B. imbricata* tuvieran una $T^{\circ}c$ más alta y una mayor eficiencia termorreguladora. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la $T^{\circ}c$ de campo entre machos, hembras no gestantes y hembras gestantes (22.37, 22.44 y 22.49 °C respectivamente); posiblemente debido a que la temperatura de los organismos es la óptima en

algunos procesos fisiológicos como la digestión (Warrick y Graham, 1999; Chen *et al.*, 2003), el desempeño locomotor (Bennett 1980; 1990) o bien porque ambos sexos están ocupando los mismos microhábitats disponibles para termorregular. Estos resultados coinciden con lo observado por Schwarzkopf y Shine (1991) en la lagartija vivípara *Eulamprus tympanum* y por Lemos-Espinal y Ballinger (1995) en *Sceloporus grammicus*, donde se ha observado una termorregulación a temperaturas corporales similares entre hembras gestantes y no gestantes. Sin embargo para algunos miembros del género *Sceloporus*, las hembras gestantes presentan temperaturas corporales menores respecto a las hembras no gestantes, esto para evitar el estrés térmico y los posibles efectos deletéreos sobre los embriones (Beuchat, 1986; 1988); tal como se han identificado en *Thamnophis elegans* (O'Donnell y Stevan, 2005).

Se ha documentado que las especies que habitan en grandes altitudes como *Sceloporus scalaris* tienen temperaturas corporales más bajas que las de menor altitud (Mathies y Andrews, 1995) por estar expuestas a temperaturas más bajas. La temperatura promedio del mes más cálido para el área de estudio fue de 13.44 °C y la temperatura del mes más frío de 8.94 °C con una diferencia de 4.5 °C y una temperatura media anual de 11.70° C, esto podría sugerir que el hábitat presenta poca variación y es termalmente homogéneo.

La T^a y la T^s estuvo correlacionada significativamente con la T^c , es decir ambos sexos obtienen calor del medio físico por convección a través del aire y por conducción al estar en contacto con el sustrato. De acuerdo con Villamar (2001), esta especie tiene una tendencia hacia la tigmotermia.

No hubo variación estacional en la T^c entre las estaciones de Primavera-Verano y Otoño Invierno. La temporada de lluvias inicio en el mes de Mayo y finalizó en el mes de Octubre, abarcando seis meses. La T^c durante la estación de lluvias (22.23) y secas (22.97) no presentó variación significativa, por lo tanto la estacionalidad no tiene un efecto significativo sobre la T^c de *B. imbricata*. No se presentó variación entre las temperaturas operativas de Primavera-Verano y Otoño-Invierno así como entre la estación de lluvias y secas.

A pesar de que para algunas especies como *Sceloporus cyanogenys* y *Podarcis muralis* se ha reportado una disminución en la temperatura corporal de campo y laboratorio debido a la condición reproductora en hembras gestantes (Garrick, 1974; Beuchat, 1986; Tosini y Avery, 1996); los ejemplares expuestos al gradiente térmico en laboratorio no presentaron diferencias significativas

en la T^{sel} entre sexos y condición reproductora en hembras, tuvieron temperaturas muy similares (machos = 28.55 °C, hembras no gestantes = 28.19 °C y hembras gestantes = 28.35 °C); esto quiere decir que los adultos tienen los mismos requerimientos térmicos para sus procesos fisiológicos como se ha reportado para otras especies independientemente de la condición reproductora en hembras (Schwarzkopf y Shine, 1991).

La T^{sel} reportada por Villamar (2001) es de 24.2 ± 0.92 °C (rango= 12.2-29.9 °C), valor que es muy diferente al que reportamos en este estudio (28.36 ± 1.78), es decir, 4.16 °C mayor. Esta diferencia probablemente se debe a la metodología utilizada por Villamar así como por el tamaño de muestra (8 organismos; 3 de Veracruz y 5 de Michoacán), la forma en que se analizaron los datos así como el contexto ambiental y ecológico.

La T^{sel} en laboratorio da un panorama más amplio de cuales serían las preferencias térmicas corporales de la especie, de estar disponibles en el campo. Un hecho por demás interesante en el presente estudio fue que al comparar la T^c de actividad de los ejemplares con la T^{sel} preferida en laboratorio se encontraron diferencias estadísticamente significativas; la T^{sel} fue 5.93 °C más alta que la T^c de actividad de los ejemplares en campo (machos =22.37 °C, hembras no gestantes =22.44 °C y hembras gestantes = 22.49 °C).

Esto indica que por alguna razón hay una segregación de la T^c a temperaturas más bajas en los ejemplares de *B. imbricata* en campo a pesar de que el ambiente les está proporcionando un rango amplio de temperaturas. Una posible explicación es que probablemente existan costos ecológicos asociados a la termorregulación que limitan su eficiencia como un alto riesgo de depredación por la serpiente *Crotalus triseriatus triseriatus* (especie con alta densidad en la zona de estudio que ocupa los mismos microhábitats para termorregular), ya que los valores de T^c de actividad en campo reportados por Figueroa-Bustos (2007) para los machos (22.60 °C) y hembras (22.07 °C) de esta especie son muy similares al que presenta *B. imbricata* (22.43 °C); además de tener un patrón de actividad (de 10:00 a 12:00 hrs.) que similarmente coincide con los picos de actividad de *B. imbricata*.

El índice de precisión en la termorregulación (db) para *B. imbricata* fue de 3.91 lo cual indica que esta especie no termorregula eficientemente (Hertz *et al.*, 1993) No hubo diferencia significativa en la db entre sexos y condición reproductora en hembras, sin embargo, los machos presentaron la menor db y las hembras gestantes tuvieron una mayor db respecto a las hembras no

gestantes y a los machos. La db para Primavera-Verano fue menor que para Otoño-Invierno, esto indica que en el periodo cálido el ambiente les proporciona una gama más amplia de temperaturas y los individuos se esfuerzan menos en termorregular, por el contrario durante la temporada fría los individuos tienen una mayor precisión en la termorregulación; sin embargo esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Durante la estación de lluvias la db es menor que en la estación seca; esto puede deberse a que en la estación de lluvias el ambiente es húmedo, hay más nubosidad y la temperatura es baja, por el contrario, en la estación seca las temperaturas son bajas en las primeras horas del día y posteriormente se elevan gradualmente, la nubosidad es casi nula y el ambiente es menos húmedo; sin embargo, no hubo diferencia significativa entre estaciones.

El índice de calidad térmica del hábitat (de) indica que el ambiente ocupado por *B. imbricata* es de baja calidad térmica. Desde la perspectiva del individuo las hembras no gestantes tuvieron una de menor respecto a hembras gestantes y machos pero las hembras gestantes no son significativamente diferentes a los machos y hembras no gestantes, siendo la de estadísticamente diferente entre machos y hembras no gestantes. La calidad térmica del hábitat no varió significativamente entre las estaciones de Primavera-Verano y Otoño-Invierno, siendo la primera de mayor calidad térmica; pero si fue estadísticamente diferente entre la estación lluviosa y seca siendo de mayor calidad térmica durante la estación de lluvias.

El índice de eficiencia en la termorregulación (E) para *B. imbricata* fue de 0.1419. La E para Primavera-Verano fue menor que durante el Otoño-Invierno indicando que durante Primavera-Verano los organismos no termorregulan activamente, por el contrario en Otoño-Invierno termorregulan más activamente. La E en la estación de lluvias es menor que en secas, por lo tanto en lluvias son termoconformistas y en secas termorregulan activamente. En general, los valores de los índices de eficiencia térmica indican que *B. imbricata* se comporta como una especie termoconformista.

CONCLUSIÓN

Los resultados indican que no hay variación significativa en la $T^{\circ}c$ entre sexos y condición reproductora en hembras y que la estacionalidad no tiene un efecto significativo sobre la $T^{\circ}c$ de *B. imbricata*.

Los ejemplares expuestos al gradiente térmico no presentaron variación significativa en la $T^{\circ}sel$ entre sexos y condición reproductora en hembras; esto sugiere que los individuos tienen los mismos requerimientos térmicos independientemente de su condición. Al no haber diferencia significativa en las $T^{\circ}c$ y las $T^{\circ}sel$ en hembras de *B. imbricata* con diferente condición reproductora, se apoya lo propuesto por Schwarzkopf y Shine (1991) y Lemos-Espinal y Ballinger (1995); tanto hembras gestantes y no gestantes termorregulan a temperaturas similares. El modelo de Hertz *et al.* (1993) fue diseñado para evaluar si una especie termorregula eficientemente o no; los resultados de este estudio muestran que esta especie tiene una baja eficiencia en la termorregulación lo cual indica que *B. imbricata* es una especie termoconformista.

El área de estudio y en general el Corredor Biológico Chichinautzin, enfrenta una problemática para su conservación y manejo. En los últimos años, la deforestación, las quemas agrícolas, los incendios forestales y la extracción de ejemplares para su venta como mascotas son factores que impactan severamente las poblaciones de lagartijas, principalmente especies arborícolas y terrestres como *B. imbricata*; al mismo tiempo que modifican la estructura del hábitat y la composición en la diversidad local al fragmentar el hábitat y las poblaciones (Castro-Franco y Bustos, 2003; 2006). Así mismo, investigaciones recientes muestran que el calentamiento global está afectando de manera significativa las poblaciones de reptiles, modificando su distribución en latitud o altitud en respuesta al aumento de la temperatura ambiental global, con desplazamientos a elevaciones más altas a una tasa de 11.0 metros por década (I-Ching Chen, *et al.* 2011). Esto es de particular importancia si se considera que en México habitan especies de lagartijas vivíparas cuya distribución se limita a altas elevaciones, donde el cambio climático ha sido más rápido (Sinervo *et al.* 2010) y dichas especies pueden mostrar diferentes respuestas fisiológicas a los cambios de temperatura, como una mayor sensibilidad a las temperaturas máximas y mínimas en los momentos críticos de su ciclo de vida, tal es el caso de *B. imbricata* dado que los nacimientos de crías ocurren de Marzo a Junio, siendo los meses más calurosos del año. Por lo anterior se sugiere iniciar investigaciones para evaluar el tamaño poblacional, la caracterización del hábitat, el estado de conservación y los efectos del cambio climático sobre las poblaciones de *B. imbricata*; derivando en el desarrollo de proyectos de conservación y manejo sustentable de esta especie bajo el esquema de unidades de Manejo Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS). Los datos aquí mostrados pueden servir de base para futuras investigaciones una vez contextualizado las preferencias térmicas en función del sexo y la condición reproductora en hembras.

LITERATURA CITADA

- Adolph, S. C. y Porter, W. P. 1993. Temperature, activity and lizard life-history. *American Naturalist* 142:273-295.
- Andrews, R. M., Méndez de La Cruz, F. R. y Villagrán-Santa Cruz, M. 1997. Body temperatures of female *Sceloporus grammicus*: Thermal stress or impaired mobility? *Copeia* 1997:108-115.
- Andrews, R. M., Méndez de La Cruz, F. R., Villagrán-Santa Cruz, M. y Rodríguez-Romero, F. 1999. Field and selected body temperatures of the lizards *Sceloporus aeneus* and *Sceloporus bicanthalis*. *Journal of Herpetology* 34(1):93-100.
- Anguilletta, M. J. JR., Montgomery, L. G. y Werner, Y. L. 1999. Temperature preference in geckos: diel variation in juveniles and adults. *Herpetologica* 55:212-222.
- Anguilletta, M. J. JR., Scott W. R. y Dunham, A. E. 2000. Thermal effects on the energetics of lizards embryos: Implications for hatchling phenotypes. *Ecology* 81:2957-2968.
- Baez, C. y Cortes, A. 1990. Precisión de la termorregulación conductual del lagarto neotropical *Tropidurus quadrivittatus* (Lacertilia:Iguanidae). *Revista Chilena de Historia Natural* 63:203-209.
- Ballinger, R. E., Marion, K. R. y Sexton, O. J. 1970. Thermal ecology of the lizard, *Anolis limifrons*, with comparative notes on three additional panamanian Anoles. *Ecology* 51:246-254.
- Bauwens, D., Hertz, P. E. y Castilla, A. M. 1996. Thermoregulation in a lacertid lizard: The relative contributions of distinct behavioral mechanisms. *Ecology* 77:1818-1830.
- Bauwens, D. y Thoen, C. 1981. Escape tactics and vulnerability to predation associated with reproduction in the lizard *Lacerta vivipara*. *Journal of Animal Ecology* 50:733-743.
- Belliure, J., Carrascal, L. M. y Díaz, J. A. 1996. Covariation of thermal biology and foraging mode in two mediterranean lacertid lizard. *Ecology* 74:1163-1173.
- Benabib, M. y Congdon, J. D. 1992. Metabolic and water-flux rates of free-ranging tropical lizards *Sceloporus variabilis*. *Physiological Zoology* 65:788-802.
- Bennett, A. F. 1980. The thermal dependence of lizard behavior. *Anim. Behav.* 28:752-762.
- Bennett, A. F. 1990. Thermal dependence of locomotor capacity. *The American journal of physiology* 259:253-258.
- Beuchat, C. A. 1986. Reproductive influences on thermoregulatory behavior of a live-bearing lizard. *Copeia* 1986:971-979.
- Beuchat, C. A. 1988. Temperature effects during gestation in a viviparous lizard. *Journal of Thermal Biology* 13:135-142.
- Beuchat, C. A. y Ellner, S. 1987. A quantitative test of life history theory: Thermoregulation by a viviparous lizard. *Ecological Monographs* 51:45-68.
- Bogert, C. M. 1949a. Thermoregulation and critic body temperatures in Mexican lizards of the genus *Sceloporus*. *Anales del Instituto de Biología, UNAM* 20:415-426.
- Bogert, C. M. 1949b. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. *Evolution* 3:195-211.

- Braña, F. 1993. Shifts in body temperature and escape behaviour of female *Podarcis muralis* during pregnancy. *Oikos* 66:216-222.
- Brown, R. P. 1996. Thermal biology of the gecko *Tarentola boettgeri*: comparisons among populations from different elevations within Gran Canaria. *Herpetologica* 52:396-405.
- Bulté, G. y Blouin-Demers, G. 2010. Implications of extreme sexual size dimorphism for thermoregulation in a freshwater turtle. *Oecologia* 162:313-322.
- Castro-Franco, R. y Bustos, Z. M. G. 2003. Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación. *Acta Zoológica Mexicana* 88:123-142.
- Castro-Franco, R. y Bustos, Z. M. G. 2006. Herpetofauna de las áreas naturales protegidas Corredor Biológico Chichinautzin y la Sierra de Huautla, Morelos, México.
- Chen, X. J., Xu, X. F. y Ji, X. 2003. Influence of body temperature on food assimilation and locomotor performance in white-striped grass lizards *Takydromus wolteri* (Lacertidae). *Journal of Thermal Biology* 28:385-391.
- Christian, K. A. y Weavers, B. 1996. Thermoregulation of monitor lizard in Australia: an evaluation of methods on thermal biology. *Ecological Monographs* 66:139-157.
- CONABIO. 2009. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. URL:
http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/bari_imbrgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- Cortes, A., Baez, C., Rosenmann, M. y Pino, C. 1992. Dependencia térmica del teiido *Callopistes palluma*: una comparación con los iguánidos *Liolaemus nigromaculatus* y *L. nitidus*. *Revista Chilena de Historia Natural* 65:443-451.
- Cowles, R. B. y Bogert, C. M. 1944. A preliminary study of thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83:261-296.
- Crowley, R. S. 1987. The effect of desiccation upon the preferred body temperature and activity level of the lizard *Sceloporus undulatus*. *Copeia* 1:25-32.
- Daut E, F. y Andrews, R. M. 1993. The effect of pregnancy on thermoregulatory behavior of the viviparous lizard *Chalcides ocellatus*. *Journal of Herpetology* 27:6-13.
- Díaz, J. A. y Cabezas-Díaz, S. 2004. Seasonal variation in the contribution of different behavioural mechanisms to lizard thermoregulation. *Functional Ecology* 18:867-875.
- DOF (*Diario Oficial de la Federación*). 1988. Decreto por el que se declara el área de protección de la flora y fauna silvestres, ubicada en los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Jiutepec, Tlalnepantla, Yautepec, Tlayacapan y Totolapan , Morelos (segunda publicación). Noviembre de 1988.
- Dunham, A. E., Grant, B. W. y Overall, K. L. 1989. Interfaces between biophysical and physiological ecology and the population ecology of terrestrial vertebrate ectotherms. *Physiological Zoology* 62:335-355.
- Dzialowski, E. y O'connor, M. P. 2001. Thermal time constant estimation in warming and cooling ectotherms *Journal of Thermal Biology* 26:231-245.

- Figueroa-Bustos, R. C. 2007. Contribución a la historia natural de *Crotalus triseriatus triseriatus*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Pp.13-18.
- Garland, T. Jr., Huey, R. B. y Bennett A. F. 1991. Phylogeny and coadaptation of thermal physiology in lizards: a reanalysis. *Evolution* 45:1969-1975.
- Garrick, L. D. 1974. Reproductive influences on behavioral thermoregulation in the lizard, *Sceloporus cyanogenys*. *Physiological Behavioral* 12:85-91.
- Gillis, R. 1991. Thermal biology of two populations of red-chinned lizards (*Sceloporus undulatus erythrocheilus*) living in different habitats in southcentral Colorado. *Journal of Herpetology* 25:18-23.
- Good, D. A. 1988. Phylogenetics relationships among gerrhonotine lizards. An analysis of external morphology. *University of California Publications in Zoology* 121:1-139.
- Grant, B. W. 1990. Elevational covariation in environmental constraints and life histories of the desert lizard *Sceloporus merriami*. *Ecology* 71:1765-1776.
- Grant, B. W. y Dunham, A. E. 1988. Thermally imposed time constraints on the activity of the desert lizard *Sceloporus merriami*. *Ecology* 69:167-176.
- Grbac, I. y Bauwens, D. 2001. Constraints on temperature regulation in two sympatric *Podarcis* lizards during Autumn. *Copeia* 2001:178-186.
- Grenot, C. J., Garcin, L., Dao, J., Hérold, J. P., Fahys, B. y Pages, T. 2000. How does the European common lizard, *Lacerta vivipara*, survive the cold of winter? *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 127:71-80.
- Guillette, J. L. Jr. 1982. The evolution of viviparity and placentation in the high elevation, Mexican lizards *Sceloporus aeneus*. *Herpetologica* 38:94-103.
- Guillette, J.L. y Casas-Andreu, G. 1987. The reproductive biology of the high elevation Mexican lizard *Barisia imbricata*. *Herpetologica* 43:29-38.
- Guillette, J. L. Jr., Jones, R. E., Fitzgerald, K. T. y Smith, H. M. 1980. Evolution of viviparity in the lizards genus *Sceloporus*. *Herpetologica* 36:201-215.
- Guillette, J. L. Jr. y Méndez de la Cruz, F. R. 1993. The reproductive cycle of the viviparous Mexican lizard *Sceloporus torquatus*. *Journal of Herpetology* 27:168-174.
- Guillette, L. J. Jr. y Smith, H. M. 1982. A review of the Mexican lizard *Barisia imbricata*, and the description of a new subspecies. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 85:13-33.
- Hertz, P. E. 1981. Adaptation to altitude in two West Island anoles (Reptilia : Iguanidae): Field thermal biology and physiological ecology. *Journal of Zoology* 195:25-37.
- Hertz, P. E. 2004. Evaluating thermal resource partitioning. *Oecologia* 2004:1432-1939.
- Hertz, P. E. y Huey, R. B. 1981. Compensation for altitudinal changes in the thermal environment by some *Anolis* lizard on Hispaniola. *Ecology* 62:515-521.
- Hertz, P. E., Huey, R. B. y Stevenson, R. D. 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate question. *The American Naturalist* 142:796-818.
- Huey, R. B. y Bennett, A. F. 1987. Phylogenetic studies of coadaptation: Preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. *Evolution* 41:1098-1115.

- Huey, R. B. y Pianka, E. R. 1977. Seasonal variation in thermoregulatory behavior and body temperature of diurnal Kalahari lizards. *Ecology* 58:1066-1075.
- Huey, R. B. y Slatkin, M. 1976. Costs and benefits of lizard thermoregulation. *Quarterly Review of Biology* 51:363-384.
- Husak, J. F. 2006. Do female collared lizards change field use of maximal sprint speed capacity when gravid? *Oecologia* 150:339-343.
- I-Ching Chen., Hill, K. J., Ohlemüller, R., Roy, B. D., Thomas, D.C. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333:1024-1026.
- Itonaga, K., Edwards, A., Wapstra, E. y Jones S. M. 2012. Interpopulational variation in costs of reproduction related to pregnancy in a viviparous lizards. *Ethology, Ecology and Evolution* 24:367-376.
- Kearney, M. y Predavec, M. 2000. Do nocturnal ectotherms thermoregulate? A study of the temperate gecko *Christinus marmoratus*. *Ecology* 81:2984-2996.
- Lemos-Espinal, J. A. y Ballinger, R. E. 1995. Comparative thermal ecology of the high altitude lizard *Sceloporus grammicus* on the eastern slope of the Iztaccihuatl Volcano, Puebla, Mexico. *Canadian Journal of Zoology* 73:2184-2191.
- Lemos-Espinal, J. A., Ballinger, R. E., Sanoja-Sarabia, S. y Smith, G. R. 1997a. Thermal ecology of the lizard *Sceloporus mucronatus mucronatus* in Sierra del Ajusco, Mexico. *Southwestern Naturalist* 42:344-347.
- Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R. y Ballinger, R. E. 1997b. Thermal ecology of the lizard, *Sceloporus gadoviae*, in an arid tropical scrub forest. *Journal of Arid Environments* 35:311-319.
- Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R. y Ballinger R. E. 1998. Temperature relationships of the lizard *Barisia imbricata* from Mexico. *Amphibia-Reptilia*. 19: 95-99.
- López, M. R. y Barrera, A. 1976. La vegetación de Morelos, México. Algunos elementos para la clasificación de sus tipos principales. *Analecta* 3:39-51.
- Mathies, T. y Andrews, R. M. 1995. Thermal and reproductive ecology of high and low elevation populations of the lizards *Sceloporus scalaris*: implication for the elevation of viviparity. *Oecologia* 104:101-111.
- Mcnab, K. B. y Auffenberg, W. 1976. The effect of large body size on the temperature regulation of the komodo dragon *Varanus komodoensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 55:345-350.
- Navarro-García, J. C., García, A. y Méndez de La Cruz, F. R. 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* 79:413-419.
- Norm-059-Semarnat-2010. Protección ambiental; especies nativas de México de flora y fauna silvestres; categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio; lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 68 Pp.
- Ochoa-Ochoa, L., Flores-Villela, O., García Vázquez, U., Correa-Cano, M., y Canseco-Márquez, L. 2006. Áreas potenciales de distribución de la herpetofauna de México. Especie: *Barisia imbricata*, escala 1:1000000. Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- O'Connor, M. P. 1999. Physiological and ecological implications of a simple model of heating and cooling in reptiles. *Journal of Thermal Biology* 24:113-136.
- O'Donnell, P. R. y Stevan, J. A. 2005. Evidence for selection on thermoregulation: effects of temperature on embryo mortality in the garter snake *Thamnophis elegans*. *Copeia* 4:930-934.
- Packard, G. C., Tracy, C. R. y Roth, J. J. 1997. The physiological ecology of reptilian eggs and embryos, and the evolution of viviparity within the class Reptilia. *Biological Review* 52:71-105.
- Pough, F. H., Andrews, R. M., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitzky, A. H. y Wells, K. D. 2001. *Herpetology*. Segunda edición. Prentice Hall, New Jersey, E.E.U.U.
- Qualls, C. R., Shine, J. L., Donnellan, S. y Hutchinson, M. 1995. The evolution of viviparity within the Australian scincid lizard *Lerista bougainvilli*. *Journal of Zoology* 237:13-26.
- Rock, J., Andrews, R. M. y Cree, A. 2000. Effects of reproductive condition, season, and site on selected temperatures of a viviparous gecko. *Physiological and Biochemical Zoology* 73:344-355.
- Rzedowsky, J. 1987. Vegetación de México. Limusa, México. 399 Pp.
- S.A.R.H. (*Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos*). 1979. Comisión técnico consultiva para la determinación regional de los coeficientes de agostadero, México y distrito federal. S.A.R.H. 162 Pp.
- Serantes, P., Galán, P., Ferreira, R. y Brea, C. 2007. Datos preliminares sobre la ecología térmica del eslizón ibérico (*Chalcides bedriagai*) y del eslizón tridáctilo (*Chalcides striatus*) en el noroeste de la Península Ibérica. *Munibe* 25:105-110.
- Shawn, S., Sartorius J., do Amaral P. S., Durtsche, R. D., Deen, C. M. y Lutterschmidt, W. I. 2002. Thermoregulatory accuracy, precision, and effectiveness in two sand-dwelling lizards under mild environmental conditions. *Canadian Journal of Zoology* 80:1966-1976.
- Schwarzkopf, L. y Shine, R. 1991. Thermal biology of reproduction in viviparous skinks, *Eulamprus tympanum*: why do gravid females bask more? *Oecologia* 88:562-569.
- Shine, R. 1985. The evolution of viviparity in reptiles: an ecological analysis. Pp 605-694. In Gans, C. y Billet, F. (Eds). *Biology of the reptilia*, vol. 15 Academic Press, New York, USA.
- Shine, R. 2003. Effects of pregnancy on locomotor performance: an experimental study on lizards. *Oecologia* 136:450-456.
- Shine, R. y Bull, J. J. 1979. The evolution of live-bearing in lizards and snakes. *American Naturalist* 113:905-923.
- Shine, R. y Kearney, M. 2001. Field studies of reptile thermoregulation: how well do physical models predict operative temperatures? *Functional Ecology* 15:282-288.
- Sinervo, B. 1990. Evolution of thermal physiology and growth rate between populations of the western fence lizard (*Sceloporus occidentalis*). *Oecologia* 83:228-237.
- Sinervo, B. 1994. Growth plasticity and thermal opportunity in *Sceloporus* lizard. *Ecology* 75:776-790.
- Sinervo, B. y Adolph, S. C. 1989. Thermal sensitivity of growth rate in hatchling *Sceloporus* lizards: environmental, behavioral and genetic aspect. *Oecologia* 78:411-419.

- Sinervo, B., Méndez de la Cruz, F. Miles, B. D., Heulin, B., Bastiaans, E., Villagran-Santa Cruz, M., Lara-Reséndiz, R., Martínez-Méndez, N., Calderón-Espinoza, M. L., Meza-Lázaro, R. N., Gadsden, H., Javier, A. L., Morando, M., De la Riva, I. J., Sepúlveda, V. P., Duarte, R.C.F., Iburgüengoytia, N., Puntriano, A. C., Massot, M., Lepetz, V., Oksanen, A. T., Chapple, G. D., Bauer, M. A., Branch, R.W., Clobert, J. y Sites Jr, W. J. 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science* 328: 894-899.
- Smith, G. R. y Ballinger, R. E. 1994a. Temperature relationships in the high-altitude viviparous lizard, *Sceloporus jarrovi*. *American Midland Naturalist* 131:181-189.
- Smith, G. R., Ballinger, R. E. y Congdon, J. D. 1993. Thermal ecology of the high-altitude bunch grass lizard, *Sceloporus scalaris*. *Canadian Journal of Zoology* 71:2152-2155.
- Smith, H. M., Burg, T. M. y Chiszar, D. 2002. Evolutionary speciation in the alligator lizard of the genus *Barisia*. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 38:23-26.
- Stearns, S. C. 1976. Life history tactics: A review of the ideas. *Quarterly Review of Biology* 51:3-47.
- Stearns, S. C. 1992. *The evolution of life histories*. Oxford University Press, New York, E.E.U.U.
- Stevenson, R. D. 1985a. The relative importance of behavioral and physiological adjustments controlling for body temperature in terrestrial ectotherms. *American Naturalist* 126:362-386.
- Stevenson, R. D. 1985b. Body size and limits to the daily range of body temperature in terrestrial ectotherms. *American Naturalist* 125:102-117.
- Stewart, J. R. 1984. Thermal biology of the live bearing lizard *Gerrhonotus coeruleus*. *Herpetologica* 40:349-355.
- Tinkle, D. y Gibbons, J. W. 1977. The distribution and evolution of viviparity in reptiles. *Misc. Publ. Univ. Mich.* 154:1-55.
- Tosini, G. y Avery, R. 1996. Pregnancy decreases set point temperatures for behavioral thermoregulation in the wall lizard *Podarcis muralis*. *Herpetological Journal* 6:94-96.
- Uribe-Peña, Z., Ramírez-Bautista, A. y Casas-Andreu, G. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México. *Cuadernos 32 del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Villamar, D. T. 2001. Relaciones térmicas de cuatro ánguinos mexicanos (Reptilia:Sauria:Anguidae) bajo condiciones de laboratorio. *Bol. Soc. Herpetol. Mex.* 9(1):33-34.
- Vrcibradic, D. y Rocha, C. F. D. 2004. Field body temperatures of pregnant and nonpregnant females of three species of viviparous skinks (*Mabuya*) from southeastern Brazil. *Journal of Herpetology* 38:447-451.
- Waichman, V. A. 1992. An alphanumeric code for toe clipping amphibians and reptiles. *Herpetological Review* 23 (1):19-21.
- Waldschmidt, S. y Tracy, C. R. 1983. Interactions between a lizard and its thermal environment: implications for sprint performance and space utilization in the lizard *Uta stansburiana*. *Ecology* 64:476-484.
- Warrick, M. y Graham, J. A. 1999. Is temperature independence of digestive efficiency an experimental artifact in lizards? A test using the common flat lizard. *Copeia* 2:299-303.

- Woolrich-Piña, G. A., Lemos-Espinal, J. A., Oliver-López, L., Calderón-Méndez, M. E., González-Espinoza, J. E., Correa-Sánchez, F. y Montoya-Ayala, R. 2006. Ecología térmica de una población de la lagartija *Sceloporus grammicus* (Iguanidae: Phrynosomatinae) que ocurre en la zona centro-oriente de la ciudad de México. *Acta Zoológica Mexicana* 22(2):137-150.
- Zaldívar-Riverón, A. y Nieto-Montes de Oca, A. Variation in the rare lizard *Barisia rudicollis* (Wiegmann) (Anguidae) with description of a new species from central Mexico. *Herpetologica*, 58(3):313–326.
- Zaldívar-Riverón, A., Nieto-Montes de Oca, A. y Laclette, J. P. 2005. Phylogeny and evolution of dorsal pattern in the Mexican endemic lizard genus *Barisia* (Anguidae: Gerrhonotinae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 43:243-257.
- Zug, G. R., Vitt, L. J. y Caldwell, J. P. 2001. *Herpetology: An introductory biology on amphibians and reptiles*. Segunda edición. Academic Press, San Diego, California, E.E.U.U.