



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**ECOLOGÍA TÉRMICA DE LA LAGARTIJA VIVÍPARA
Sceloporus bicanthalis (Squamata: Phrynosomatidae) AL SUR
DEL POBLADO DE SAN JUAN DEL VALLE, MUNICIPIO
DE CHILCHOTLA, PUEBLA.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

BUSTOS LUVIANO MAYRA YESENIA



DIRECTOR DE TESIS: Dr. Manuel Feria Ortiz

México, D. F.

Noviembre, 2015.



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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
PRESENTE.**

Comunico a usted que la alumna **BUSTOS LUVIANO MAYRA YESENIA**, con número de cuenta **305027085**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **10 de noviembre de 2015** a las **15:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

- PRESIDENTE** Dr. ANTONIO ALFREDO BUENO HERNÁNDEZ
- VOCAL** Dr. MANUEL FERIA ORTIZ
- SECRETARIO** M. en C. CARLOS PÉREZ MALVÁEZ
- SUPLENTE** M. en C. ALBERTO MÉNDEZ MÉNDEZ
- SUPLENTE** Biól. ROBERTO CRISTÓBAL GUZMÁN

El título de la tesis que presenta es: **Ecología térmica de la lagartija vivípara *Sceloporus bicanthalis* (Squamata: Phrynosomatidae) al sur del poblado de San Juan del Valle, Municipio de Chilchotla, Puebla.**

Opción de titulación: Tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
 México, D. F., a 09 de octubre de 2015

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ
 DIRECTOR
 ZARAGOZA
 DIRECCIÓN

RECIBÍ
 OFICINA DE EXÁMENES
 PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.
 M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
 JEFE DE CARRERA

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por todo lo brindado para que pudiera lograr mis objetivos y ser parte fundamental en mi educación y formación profesional; siendo la base de la construcción de mis sueños. Porque es un orgullo pertenecer a la Máxima casa de estudios y llevar a todos lados el conocimiento ahí aprendido.

Al Dr. Manuel Feria Ortiz, por sus enseñanzas y su amistad, por el tiempo, los consejos y todo el apoyo brindado para la realización completa de este proyecto.

A mis Sinodales y Revisores:

- Dr. Alfredo Bueno Hernández
- M. en C. Carlos Pérez Malvárez
- M. en C. Alberto Méndez Méndez
- Biol. Roberto Cristóbal Guzmán

Por el tiempo que dedicaron para mejorar este trabajo y por el apoyo brindado en las diferentes etapas de este proceso.

A los miembros del Laboratorio de Herpetología: Sarahí, Al Yibb, Mixtli, Laura, Mares, que colaboraron en la recolección de organismos y a que este trabajo fuera más interesante e incluso divertido y muy agradable; porque algunos fueron buenos amigos y otros de menos me hicieron reír o tener buenas conversaciones. A Mariana por lo anterior y por convertirse en una amiga sincera, por apoyarme comprenderme en tantas situaciones, por tanto tiempo compartido, por no rendirse y mostrarme que los sueños se cumplen y que si se cierra una puerta se abre otra, te quiero. A mis compañeros que me motivaron con sus pláticas y comentarios a seguir adelante y querer aprender siempre más: Abel Emilio, Renato, Fernanda, Cristian, Rodrigo,

AGRADECIMIENTOS:

A Reginaldo Bustos Figueroa, que ha sido el hombre que me ha llenado de amor desde antes de nacer, que ha luchado por mí y conmigo en todas las situaciones de mi vida, porque hizo de mí una mujer con cualidades, sueños, anhelos y una enorme fuerza para seguir cada día y dar cada paso con sentido; por enseñarme a luchar sin descansar cuando quieres algo, y a reír de todo lo que pueda pasar; que no importa cuán grandes sean tus errores ni que tan graves parezcan tus caídas, siempre puedo levantarme, rectificar y seguir. Gracias por los principios, los valores y la educación inculcados desde pequeña, por los apapachos y las correcciones hechas siempre en el momento adecuado. Porque iluminas mis días con escuchar tu voz y es un orgullo llamarte Papá.

A Eustorgia Luviano Yañez, por cuidar de mí siempre y querer que siempre esté bien, por ser tan buena y linda conmigo, por convertirse en la mejor amiga que cualquiera quisiera tener, por los secretos guardados, y su compañía incondicional; por las compras juntas; porque siempre tiene una manera de estar conmigo y hacerme sentir que todo va a estar bien, por demostrarme su amor de mil maneras todos los días y ser el abrazo que me llena y tranquiliza, por ser el consuelo perfecto, porque sabe cómo nadie como levantarme en un instante, subir mi autoestima, generar fuerza y poner una sonrisa en mi rostro cuando es necesario, porque ha sacrificado un millón de cosas para que yo consiga lo que quiero y por las lágrimas que ha derramado a causa mía, y que se han convertido en mi motivación para ser mejor cada día, porque merece lo mejor y luchare siempre por su felicidad. Te amo Mamá.

A mis hermanos y hermanas: Santiago, por ser uno de mis mejores ejemplos a seguir, por su buen humor y herencia musical. Silvia, por tus inmejorables consejos y oraciones que fueron parte fundamental en mi conversión, y por el amor brindado desde niña que me ha hecho quererte como otra Mamá, tu sonrisa hace latir fuerte mi corazón, me encanta que te emociones conmigo y que me cuides siempre que estoy enferma. Lulú, mi tercera mamá, gracias por ser mi mejor amiga desde niña, por confiar en mí, por defenderme siempre y ayudarme en todo, porque los años nos han regresado esa amistad real que construimos en mis primeros años, y me siento feliz de saber que cuento contigo, en cualquier momento, y que sin juzgarme serás capaz de ponerte en mis zapatos y comprenderme; gracias por enseñarme a luchar siempre y a poner buena cara en los peores momentos para que todo vuelva a estar bien, que la sensibilidad no es debilidad y que eres más fuerte de lo que muchos pensamos. A Ismael, por su ejemplo de responsabilidad, dedicación y Fe; por hacerme fuerte desde niña, y estar sutilmente siempre conmigo. Raul, gracias por confiar en mí, y consentirme tanto, por haber luchado porque retomara el buen camino, pero también para que sea auténtica, libre, feliz y llegue tan lejos como sueño, gracias por tantas experiencias juntos, por escucharme y aconsejarme pacientemente, por enseñarme que mi familia siempre estará conmigo y porque te esmeras para que la distancia física no aleje nuestros corazones. Marbella, por ser tan incondicional conmigo, por ser mi confidente y mi amiga, por demostrarme siempre que me quieres, y que cuento contigo, por tus ganas de vivir y ser mejor todos los días, porque el cansancio nunca es un impedimento y siempre tienes la mejor actitud para hacer las cosas, porque eres la más sensible y por eso sé que siempre me entiendes, por encontrar muchas veces la solución a mis problemas, y por ayudarme de mil maneras en mis momentos más difíciles, por creerme siempre y confiar tanto en mí. Gracias a los 6 por su apoyo y por su cariño, Los quiero inmensamente.

Gracias a todos mis sobrinos, por darme cariño y felicidad sincera, por sus sonrisas y travesuras inocentes. En especial a Alan, David, Tamara, Diana y Paola, por hacerme una tía especial, a la que se esmeran en consentir y querer. Muy en especial a Lis, por lo anterior, y por convertirse en la hermana menor que nunca tuve, en mi amiga y confidente, por seguir mis consejos y por aconsejarme también; por las muy largas pláticas que nos encanta tener, por la Fe que contagia y la seguridad que anima. Porque los once han hecho crecer en mí un amor distinto y me han recordado lo maravilloso que es ser niño.

A Miguel A., por su apoyo durante este largo proceso, la paciencia y comprensión en las diferentes etapas y por el amor que me ha tenido en estos años, y que ha sido un gran motivador e impulso para continuar. Por nunca rendirse y luchar conmigo y por mí. Por enseñarme tantas cosas y ayudarme frecuentemente en mis situaciones, por las experiencias, las lecciones, las pláticas profundas, soñadoras e inspiradoras, los detalles, las sorpresas, por tu sonrisa que alegra mi corazón, por los desvelos a causa mía, esos abrazos que me transforman, por hacerme saber que estás conmigo siempre, y ser mi equipo en todo, porque las cosas entre dos siempre son más fáciles; porque iluminas mis días y te esmeras en hacerme feliz. Gracias por hacer de esta tesis, "nuestra tesis". Te amo.

A mis amigos los "micos": Mauricio, J. Carlos, Omar, C. Iván, y Mixtli que se encargaron de hacer de la universidad un periodo extremadamente divertido, por cuidarme cuando lo necesite, y apoyarme en todo, por las prácticas de campo, por compartir y contagiar el amor y el interés por esta ciencia que pocos comprenden de la misma manera. Por animarme en todo y resaltar mis cualidades, por su sinceridad, por los regaños y las pláticas, por ponerse en mi lugar y tratar de ver el mundo como yo para aconsejarme acertadamente; gracias por compartir risas y lágrimas conmigo, y hacerme saber que cuento con ustedes sin importar la distancia ni las circunstancias. Los quiero mucho!

Christian, por ser mi amigo durante tantos años, porque eres incondicional conmigo y sabes estar ahí siempre, por conocerme tanto y comprenderme a tal punto que no necesito contarte largas historias ni verte consecutivamente, para que sepas exactamente como estoy y que necesito. Te quiero hermano adoptado.

Dulce; por ser mi amiga desde los 15, y compartir infinidad de cosas conmigo, por transformarte conmigo y ser mi cómplice en muchas locuras, por ser la mejor consejera y guarda secretos, por ser tan perseverante y jamás bajar la mirada, por seguir siempre adelante y por el cariño enorme que me has tenido desde que me conociste y que no te has cansado de demostrarme, por tu sinceridad y ternura con que ves y tratas al mundo, por ser fiel a nuestra amistad y por confiar en mí. Te adoro amiga.

Alejandra, por estar cuando te necesito, y ser la mejor amiga en la etapas más difíciles, por darme ánimos y compartir conmigo los momentos más importantes de nuestras vidas. Te quiero mucho.

Laura, por estar siempre cuando te necesito y saber ser una buena amiga, por las fiestas y las sorpresas. Porque no necesitamos estar siempre juntas para saber que contamos una con la otra. Te quiero mucho.

Selene, por ser la más sonriente del mundo, tan sincera y autentica, por contagiarme su amor por todos los seres vivos, por la confianza que me tienes y porque estar contigo es sinónimo de reír hasta que nos duela el estómago, o llorar hasta que se hinchen los ojos, porque puedo ser tan yo como quiera, y porque compartir sueños y esfuerzos contigo es felicidad pura. Porque es un orgullo ser tu amiga; y nunca me cansare de decir: ¡Luigi! Con tal de verte sonreír. Te quiero muchote.

A Joy por ayudarme a ver la vida de una manera distinta y esforzarse para que yo conociera ese camino y lo siguiera. A Gus por ser mi nuevo carnal, por enseñarme una mejor manera de ver y hacer las cosas. A ambos por ser un ejemplo a seguir, y por compartir su amor y conocimiento en este nuevo camino que he decidido tomar. Los quiero.

A Oscar, que en poco tiempo te has convertido en el amigo que necesitaba, por ser mi terapeuta amateur y contagiarme el amor y la alegría que le tienes a Dios y a la gente, porque me recordaste que las cosas se hacen y no solo se hablan o se leen, por apoyarme, confiar en mí y demostrarme que se puede confiar en ti. Te quiero.

A todos los que no menciono, pero que me han enseñado o han compartido conmigo algo que me ha permitido llegar hasta aquí y ser como soy.

DEDICATORIA:

Quiero dedicar esta tesis con todo mi amor y agradecimiento a Dios, por su amor infinito, por todas los regalos que me ha dado a lo largo de mi vida, por darme una familia grande y maravillosa, que me hace no necesitar nada más, y sin embargo, también me ha puesto a muchas personas en los momentos adecuados, para que yo logre todo lo que me proponga de la mejor manera posible. Porque sus planes son perfectos. Y su amor y compañía son fieles a cada instante.

A F.J. † porque un día nos encontraremos y compartiremos todo lo que aquí no pudimos vivir.
Esta va por los dos.

“El amor por todas criaturas vivientes
es el más noble atributo del hombre”

Charles Darwin

“Siento una enorme gratitud por todos los que me
dijeron NO, gracias a ellos lo hice yo mismo”

Albert Einstein

“Lo principal será hacer realidad tu sueño y hacer crecer lo que es pequeño”

ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Descripción de la especie.....	6
Antecedentes	8
Justificación.....	10
Objetivos.....	11
Materiales y Método.....	12
Área de Estudio.....	12
Trabajo de Campo.....	15
Tratamiento de los datos y Análisis estadístico.....	16
Resultados.....	18
Discusión.....	38
Conclusiones.....	45
Referencias Bibliográficas.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía de la especie <i>Sceloporus bicanthalis</i> tomada en Chilchotla, Puebla (Enero de 2012.).....	7
Figura 2. Ubicación del poblado de San Juan del Valle, Chilchotla. El área de estudio se encuentra marcada con una estrella.....	12
Figura 3. Promedios mensuales de temperatura y precipitación obtenidos de la estación meteorológica del municipio de Chilchotla, Puebla. (Datos obtenidos de la estación meteorológica de Chilchotla, Puebla).....	13
Figura 4. Esquema del gradiente térmico utilizado para obtener las temperaturas seleccionadas por <i>Sceloporus bicanthalis</i>	17
Figura 5. Diagramas de dispersión y líneas de regresión entre la temperatura corporal y las temperaturas del suelo (a), del aire a 0.5 cm (b) y del aire a 5 cm (c) correspondientes a los machos de <i>Sceloporus bicanthalis</i> en Chilchotla, Puebla	26
Figura 6. Diagramas de dispersión y líneas de regresión, de las Temperaturas corporales y las temperaturas operativas (Temperatura del suelo (a), temperatura del aire a 0.5 cm (b) y temperatura del aire a 5 cm (c) de hembras de <i>Sceloporus bicanthalis</i> y su microhábitat, en Chilchotla Puebla	27
Figura 7. Diagramas de dispersión y líneas de regresión, de las Temperaturas corporales y las temperaturas operativas (Temperatura del suelo (a), temperatura del aire a 0.5 cm (b) y temperatura del aire a 5 cm(c) de hembras juveniles de <i>Sceloporus bicanthalis</i> y su microhábitat, en Chilchotla Puebla.	28
Figura 8. Diagramas de dispersión y líneas de regresión entre la temperatura corporal y las temperaturas operativas (Temperatura del suelo (a), temperatura del aire a 0.5 cm (b) y temperatura del aire a 5 cm(c) del microhábitat ocupado por hembras preñadas de <i>Sceloporus bicanthalis</i> en Chilchotla, Puebla.	29
Figura 9. Frecuencias de las Temperaturas corporales de hembras preñadas de <i>S. bicathalis</i> (Tc), temperaturas del sustrato (Ts) y del aire (Ta). La barra verde indica el intervalo de temperaturas corporales seleccionadas por los organismos en el gradiente térmico del laboratorio (Tsel).....	30
Figura 10. Distribución de frecuencias de las temperaturas corporales de las hembras, temperaturas operativas del sustrato y del aire.La barra amarilla indica el intervalo de temperaturas corporales seleccionadas por los organismos en el gradiente térmico del laboratorio (Tsel). Las flechas moradas indican temperaturas promedio	31
Figura 11. Distribución de frecuencias de las temperaturas corporales de los machos estudiados en el presente trabajo, temperaturas operativas del sustrato y temperaturas del aire. La región morada indica el intervalo de temperaturas corporales seleccionadas por los organismos en el gradiente térmico del laboratorio (Tsel). Las flechas azules indican temperaturas promedio.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1- Promedios, errores estándar e intervalos de variación entre paréntesis correspondientes a los cinco grupos de organismos considerados en este trabajo.....	24
Tabla 2.- Valores de eficiencia térmica obtenidos de las lagartijas de <i>S. bicanthalis</i> obtenidos por el Método de Hertz.....	33
Tabla 3. Numero de organismos vistos en cada tipo de sustrato.....	35
Tabla 4. Promedios (\pm ES) e intervalos de variación de los porcentajes correspondientes a los componentes (pasto, arbusto, roca y suelo) de los cuadrantes considerados.	36
Tabla 5. Número de organismos de <i>S. bicanthalis</i> observados en exposición al sol o en la sombra.....	37

RESUMEN

Se estudió la ecología térmica y el uso del microhábitat de una población de la lagartija *Sceloporus bicanthalis* (Smith, 1937), que habita en una comunidad con vegetación de Pino-Encino ubicada al Sur del poblado de **San Juan del Valle, Chilchotla, Puebla (19° 15' 22.5" N y 97° 11' 53.8" O)**. Se realizaron 9 viajes a la zona de estudio en un periodo de 1 año un mes. Cada viaje tuvo una duración de tres días. Se recolectaron 108 ejemplares, 94 adultos y 14 jóvenes. Se caracterizó la condición térmica de los ejemplares a través de resúmenes estadísticos (promedios \pm 1ES) calculados con las temperaturas corporales y del microambiente de adultos y jóvenes de ambos sexos, y se evaluó la eficiencia en el comportamiento termorregulatorio a través del índice de Hertz y colaboradores.

La Temperatura corporal promedio, fue de 30.95 ± 0.33 °C (intervalo 22.2 - 43.2 °C). El promedio de temperatura seleccionada en laboratorio fue de 34.9 ± 0.27 (intervalo 33.5 – 36.2°C). La Temperatura promedio del sustrato en la zona de estudio fue de 27.93 ± 0.58 °C (intervalo 18.2 - 47.2 °C); y el promedio de las temperaturas del aire fueron Ta-1, 26.11 ± 0.53 (intervalo 17.4 - 39.9 °C) y Ta-2 fue de 26.34 ± 1.03 (intervalo 14.5 - 35 °C). La temperatura corporal promedio varió muy poco entre los grupos, así como las temperaturas promedio del sustrato y del aire. Se encontró que los promedios de las temperaturas preferidas fueron 4°C más altas que los correspondientes a las temperaturas corporales.

Los valores del índice de Hertz sugieren que los organismos regulan su temperatura corporal con una eficiencia moderada. También se observaron algunos organismos exponiéndose al sol.

Los adultos se vieron con mayor frecuencia en lugares expuestos al sol que a la sombra. Los machos y las hembras jóvenes se encontraron mayormente en lugares soleados y solo una de las hembras preñadas se vio en un lugar sombreado. No se encontraron diferencias significativas en el uso del microhábitat (Prueba de Hotelling: $F = 2.3324$; $p = 0.0619$). Machos y hembras usan más comúnmente el pasto. El microhábitat menos frecuentado fue el suelo descubierto.

INTRODUCCIÓN

La temperatura es uno de los factores más importantes en la vida de los organismos. La mayoría de los procesos metabólicos y fisiológicos se realizan mejor dentro de temperaturas no extremas, ni muy bajas ni muy altas. En consecuencia, para realizar eficientemente sus actividades cotidianas los organismos deben mantener sus cuerpos en temperaturas corporales intermedias, por lo que deben evitar, tanto enfriarse como sobrecalentarse. Los organismos endotermos, como las aves y los mamíferos, pueden generar calor a través de su metabolismo y mantener sus cuerpos en temperaturas constantes a través de sistemas de regulación internos situados en el hipotálamo. Por el contrario, los organismos ectotermos tienen una capacidad limitada para generar calor metabólico y necesitan calentar sus cuerpos a través de fuentes de calor externo. En consecuencia la temperatura del entorno es de importancia crítica para estos organismos.

Los reptiles son organismos ectotermos y como tales requieren de fuentes de calor externo para calentar sus cuerpos. No sólo deben preocuparse por la temperatura de su entorno, sino por alcanzar y mantener su temperatura corporal dentro de intervalos que les permita realizar con eficiencia funciones vitales tan importantes como el crecimiento, la alimentación o la reproducción, esto es, deben adquirir calor externo y regular la temperatura de sus cuerpos (Huey, 1982). No todas las especies realizan mejor sus funciones vitales dentro de un mismo intervalo de temperaturas. Se ha detectado que diversas especies se han adaptado a diferentes ambientes térmicos y por lo tanto requieren de intervalos de temperatura diferentes para funcionar de manera óptima (Avery, 1982; Browker et al., 1986; Van Damne et al., 1987; Spencer & Grimmond, 1994; Melville & Schulte, 2001). Las diferencias en sus requerimientos térmicos han conducido a una diversificación en el uso de los distintos microhábitat existentes en las áreas que habitan. Cada microhábitat posee una temperatura propia distinta a la del resto, que varía

según factores como la inercia térmica del sustrato que lo compone, la estructura de la vegetación circundante o la temperatura ambiental (Hertz *et al.*, 1993).

Según la fuente de calor externo que utilicen, los reptiles pueden considerarse como heliotermos o tigmotermos. Los primeros calientan sus cuerpos principalmente por radiación directa del sol mientras que los segundos utilizan el calor que se desprende del sustrato que ocupan para este mismo fin (Zug *et al.*, 2001). La manera de obtener calor externo generalmente repercute en la estrategia de la regulación térmica. En términos generales, la regulación de la temperatura corporal puede darse por dos vías: (i) mediante una termorregulación activa, en la cual un organismo realiza acciones que le permiten mantener su temperatura corporal dentro de un intervalo estrecho, a pesar de la existencia de fluctuaciones térmicas ambientales pronunciadas, y (ii) por medio de una regulación pasiva (termoconformismo) en la cual el organismos no realiza actividades termorregulatorias y su temperatura corporal simplemente sigue pasivamente la temperatura de su entorno (Huey y Slatkin, 1976; Pough *et al.*, 2001). Varios estudios asumen que éstos mecanismos son adaptativos, es decir, la termorregulación en lagartos se desarrolla para evitar temperaturas corporales extremadamente peligrosas y, probablemente, para realizar algún control sobre procesos metabólicos (Huey y Slatkin, 1976).

Los trabajos realizados por Cowles y Bogert (1944) y Bogert (1949a y b) han sido la base de la mayoría de los estudios sobre la termorregulación en lagartijas. Desde entonces se han realizado una serie de trabajos sobre termorregulación en lacertilios entre los que podemos destacar los estudios que relacionan la termorregulación con la fisiología, por ejemplo: locomoción, crecimiento, frecuencia cardiaca, flujo de sangre, glucosa en sangre, y transferencia de calor, entre otras (Dunham *et al.*, 1989; Sinervo y Adolph, 1989, 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 que presentan las lagartijas actualmente (Ballinger *et al.*, 1970;

Waldschmidt y Tracy, 1983; Huey y Bennett, 1987; Grant y Dunham, 1988; Smith et al., 1993 y Smith y Ballinger, 1994; Lemos-Espinal y Ballinger, 1995; Lemos-Espinal et al., 1997 a y b). 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 las crías y supervivencia, entre otras (Stearns, 1976; Beuchat y Ellner, 1987; Sinervo y Adolph, 1989; Sinervo, 1990; Adolph y Porter, 1993; Anguilletta *et al.*, 2000).

La ecología térmica de lagartijas puede relacionarse con diferencias en el microhábitat utilizado por ambos sexos (Beuchat, 1986; Gillis, 1991; Smith et al., 1993), así como a la condición reproductiva de las hembras, tanto en especies ovíparas como vivíparas (Vrcibradic y Rocha, 2004). Ésta última relación puede establecerse debido a que la temperatura apropiada para optimizar el desarrollo embrionario tal vez difiera de la temperatura corporal alcanzada por las hembras (Beuchat, 1988; Andrews *et al.*, 1997).

Para algunas especies vivíparas, se han reportado tres tendencias mediante las cuales las hembras preñadas regulan su temperatura corporal. Por un lado, se ha observado que termorregulan a temperaturas corporales más bajas con respecto a las hembras no preñadas (Garrick, 1974; Beuchat, 1986; Tosini y Avery, 1996). Por otra parte, se ha encontrado que la regulación térmica de las hembras preñadas se lleva a cabo a una temperatura corporal mayor en relación a las hembras no preñadas (Stewart, 1984; Daut y Andrews, 1993; Rock et al., 2000). La última tendencia indica una termorregulación a temperaturas corporales similares entre hembras preñadas y no preñadas (Schwarzkopf y Shine, 1991; Lemos-Espinal y Ballinger, 1995).

La precisión, exactitud y eficiencia en la termorregulación de una especie en particular estará estrechamente ligada a la calidad térmica del hábitat, siendo la termorregulación especialmente importante en ambientes de baja calidad térmica (Hertz et al., 1993; Shine

y Kearney, 2001; Shawn et. al., 2002). Así, en aquellos ambientes térmicamente heterogéneos, la termorregulación será más precisa pues las especies cuentan con más alternativas para la obtención de calor (Huey y Slatkin, 1976), mientras que en ambientes con temperaturas cercanas a las óptimas que la especie requiere, la termorregulación será efectiva y requerirá de menor esfuerzo, dedicándose la energía y el tiempo a otras actividades (Shawn et al., 2002). En ambientes térmicamente estables como los tropicales, se espera que la termorregulación no sea tan importante ya que las especies tienen una continua disponibilidad de altas temperaturas a lo largo del año y fácil acceso a una amplia variedad de microclimas (Shine y Madsen, 1996).

La biología térmica y el uso del hábitat están interrelacionados debido a que los microclimas térmicamente adecuados usualmente varían espacialmente. Por ejemplo, algunos microhabitats rocosos son más calientes que las perchas arbóreas. Muchas especies tienen distintas preferencias por ciertos sustratos, alturas de percha, densidades de vegetación u otros aspectos de la estructura del hábitat (Adolph, 1990).

Un enfoque importante en el estudio del hábitat y que está relacionado con la biología térmica, es considerar a los microhábitats como recursos térmicos variables en el sentido que algunos satisfacen mejor que otros las necesidades térmicas de los organismos. Por lo tanto, los animales comúnmente compiten por microhábitats particulares (los que tienen propiedades térmicas deseables; Huey, 1982).

Sin embargo, algunos estudios sobre el uso del microhábitat sugieren que factores tales como el riesgo a la depredación o evitar encuentros conespecíficos también pueden influir en la selección de perchas (Smith y Ballinger, 2001). Sin duda, la repartición de los individuos de una misma población entre los diferentes microhabitats, puede facilitar su coexistencia en un mismo hábitat.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Sceloporus bicanthalis, (Smith, 1939), también conocida como lagartija escamosa transvolcánica o lagartija rayada, es una lagartija vivípara de tamaño relativamente pequeño, con cuerpo esbelto o ligeramente robusto (Fig. 1). Los adultos, machos o hembras, miden alrededor de 47 mm de longitud hocico cloaca. Se caracteriza por presentar dos escamas cantales; la línea clara lateral del cuerpo no se continua a la cola (Ramírez-Bautista *et al.*, 2009). Las hembras presentan un patrón de color azul claro en la región ventral del cuerpo, en otras, el color azul es más oscuro en la región dorso-lateral (Uribe-Peña *et al.*, 1999). Los machos presentan un par de parches alargados de color azul intenso en la parte ventral y muestra poros femorales muy desarrollados (Smith, 1939).

Sceloporus bicanthalis tiene una distribución muy amplia, ya que está presente en el Este de la Faja Volcánica Transmexicana y Sur de la Sierra Madre Oriental, en los estados de Puebla, Tlaxcala, y Veracruz, además de una población aislada en el Nevado de Toluca y dos más en el Norte de Oaxaca, en la Sierra Madre del Sur (Kohler y Heimes, 2002). La distribución potencial de *S. bicanthalis* abarca los estados de Puebla, Morelos, Estado de México, Hidalgo, Oaxaca y Veracruz. La especie es de hábitos diurnos, su alimentación es principalmente insectívora, y buscan activamente su alimento.

Los jóvenes alcanzan la talla adulta entre los cuatro y seis meses de vida, tiempo en el que las hembras alcanzan una talla de 40 mm, una talla en la cual los organismos comienzan a reproducirse. Cada hembra puede llegar a tener de 3 a 9 crías por camada teniendo una correlación en la longitud del cuerpo de la hembra con el número de crías (Manríquez- Morán, 1995).

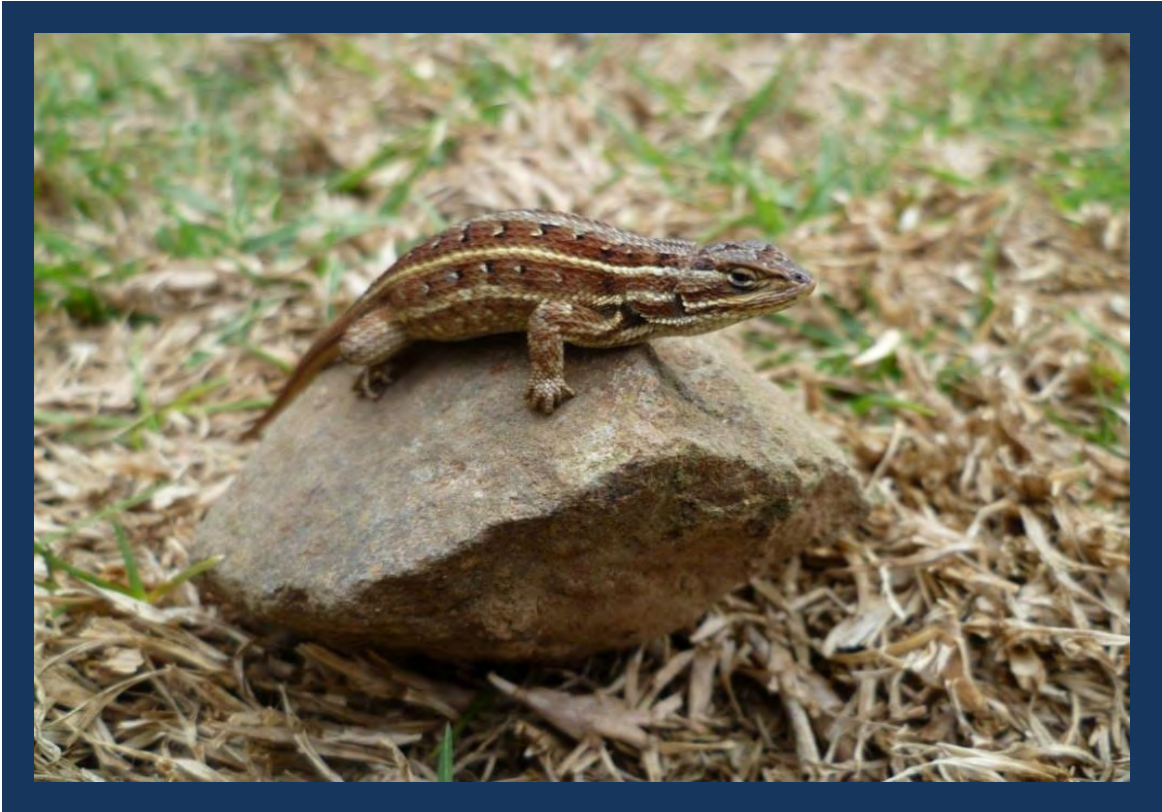


Figura 1. Fotografía de la especie *Sceloporus bicanthalis* tomada en Chilchotla, Puebla (Enero de 2012.)

ANTECEDENTES

Existen algunos trabajos que documentan la ecología térmica en el género *Sceloporus*; éste es considerado térmicamente conservador. Se ha reportado que el promedio de la temperatura corporal de los organismos en campo durante su periodo de actividad normal va de 34 a los 36.8°C (Bogert, 1949 a,b; Brattstrom, 1965). Siete especies que han sido tratadas en gradientes térmicos creados en laboratorios para medir sus temperaturas seleccionadas, resultaron aproximadas a los 35.8°C (McGinnis, 1966; Greenberg, 1976; Browker et al., 1986; Crowley, 1987; Mathies y Andrews, 1997). Por otra parte, las temperaturas seleccionadas no han mostrado variaciones en las diferentes estaciones del año (McGinnis, 1966), además, se ha encontrado que las hembras preñadas de algunas especies de *Sceloporus* mantienen temperaturas corporales y temperaturas seleccionadas más bajas que el resto de las hembras y que los machos (Beuchat, 1986; Andrews and Rose, 1994; Mathies y Andrews, et al., 1997).

Andrews reportó en 1998 un estudio en dos poblaciones de *Sceloporus bicanthalis* ubicadas en Zoquiapan en el Estado de Puebla y el Nevado de Toluca en el Estado de México; donde la media de temperatura máxima del aire fue de 19°C en el primer sitio ubicado a 3200 msnm y de 8°C en el segundo a 4100 msnm, los promedios de las temperaturas corporales de los organismos fueron de 32 y 29 °C respectivamente. Menciona que los machos tuvieron temperaturas más altas que las hembras.

Otros trabajos realizados con la especie están relacionados con aspectos reproductivos como el de Manríquez-Morán (1995), donde se estudió el patrón reproductivo de las hembras de esta especie en dos poblaciones ubicadas en la delegación de Milpa Alta, D. F. y la otra en el municipio de Zoquiapan, Estado de México. Reportó que la actividad reproductora de esta especie es continua, si bien la actividad fue más acentuada de julio a septiembre; notó que las hembras comenzaban a reproducirse al alcanzar la madurez sexual, sin importar el mes en que esto ocurriera.

Otro trabajo que reporta datos sobre la biología reproductora de *Sceloporus bicanthalis* es el de Hernández-Gallegos *et al.* (2002). En las mismas poblaciones estudiadas por Manríquez-Morán (1995). Al igual que Manríquez-Morán (1995), Hernández-Gallegos *et al.* (2002) resaltaron que *S. bicanthalis* es la primera especie de ambiente templado en la que se ha documentado una actividad reproductora continua.

El estudio realizado por Rodríguez-Romero *et al.* (2002) indica que *S. bicanthalis* presenta una alta renovación poblacional anual, ya que el tamaño de camada de ésta especie es alta en relación a otras especies de *Sceloporus* de tamaño y forma corporal similar. Los autores también notaron que el tamaño de la camada varía dependiendo del tamaño de la hembra.

Crisóstomo-Pérez (2012) reportó para la misma población del presente estudio de *S. bicanthalis* en Chilchotla Puebla, que la especie exhibe un patrón reproductivo continuo; en cualquier mes del año pueden encontrarse hembras preñadas, hembras vitelogénicas y crías recién nacidas. La madurez sexual de hembras y machos de *S. bicanthalis* se alcanza en un tamaño corporal aproximado a los 40.0 mm. El tamaño de camada promedio de *Sceloporus bicanthalis* es alto (6.2 crías en promedio) en comparación con otras lagartijas vivíparas de tamaño similar. Presentan un dimorfismo sexual en el cual las hembras no son sólo más grandes que los machos sino que la longitud del tronco en relación al tamaño corporal también es mayor en las hembras que en los machos.

JUSTIFICACIÓN

La regulación de la temperatura tiene un impacto profundo en la ecología de los reptiles. Por ejemplo, las actividades termorregulatorias muchas veces aumentan seriamente el riesgo de depredación y disminuyen el tiempo disponible para otras actividades vitales (búsqueda de alimento, etc.). También, en ambientes fríos la temperatura limita marcadamente el tiempo de actividad de estos organismos y promueve el desarrollo de comportamientos térmicos particulares. En consecuencia, el conocimiento de aspectos relacionados con la termorregulación puede ayudar a comprender otros aspectos de la biología de los reptiles; por esta razón, se espera que los resultados obtenidos en éste estudio puedan ayudar a comprender hallazgos encontrados en otros trabajos. Por otro lado, dada la importancia de la temperatura para los reptiles, los datos básicos obtenidos de estudios como el presente puede ayudar a desarrollar estrategias de manejo tanto de especies como de sus hábitats con fines de conservación. Esto es importante dado el deterioro actual de nuestros ecosistemas y la amenaza que esto representa para la diversidad biológica del país.

En particular el género *Sceloporus*, el cual comprende más de 90 especies (Bell *et al.*, 2003), es uno de los géneros de lagartijas con más especies. Si bien se conocen varios aspectos de la biología de varias de ellas, el conocimiento de otras, en particular de muchas especies mexicanas es muy escaso. Una especie endémica de México pobremente estudiada es precisamente *Sceloporus bicanthalis*. Ésta especie es típica por poseer un ciclo reproductivo en el cual la reproducción no se concentra en una época determinada (como ocurre en otras especies vivíparas del mismo género) sino que ocurre a lo largo de todo o casi todo el año. De este modo, resulta particularmente interesante estudiar su estrategia termorregulatoria y compararla con la de otras especies emparentadas con el fin de evaluar si existen diferencias relacionadas con su patrón reproductivo particular.

OBJETIVO GENERAL

- ☛ Contribuir al conocimiento de la ecología térmica de la lagartija *Sceloporus bicanthalis* en el municipio de Chilchotla, Puebla

OBJETIVOS PARTICULARES

- ☛ Determinar si *Sceloporus bicanthalis* se comporta como un organismo termoconformista o como un termorregulador activo.
- ☛ Identificar si existen diferencias en el comportamiento térmico entre sexos y entre categorías de edad (jóvenes y adultos).
- ☛ Describir el uso del microhábitat de *S. bicanthalis* en el poblado de San Juan del Valle, Mpio. Chilchotla, Puebla.

MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza aproximadamente 1 Km al Sur del poblado de San Juan del Valle, Municipio de Chilchotla, Puebla. El poblado se localiza en la parte Este-Centro del estado (Figura 2). La altitud en esta área es de alrededor de 2,310 msnm. En particular, el sitio de colecta se localiza en las cercanías de un punto cuyas coordenadas son $19^{\circ} 15' 22.5''$ latitud Norte $97^{\circ} 11' 53.8''$ longitud Oeste. Se trata de un área de alrededor de 1 Km^2 donde hay porciones de suelo cubierto de pasto y donde abundan las rocas pobremente cimentadas al suelo.

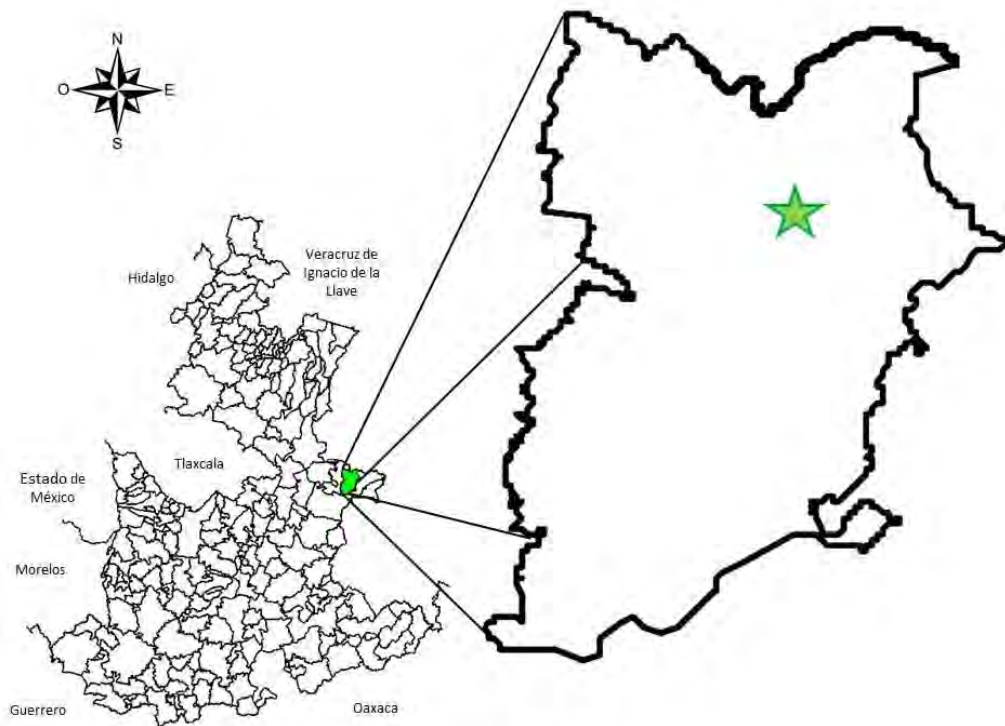


Fig. 2 Ubicación del poblado de San Juan del Valle, Chilchotla. El área de estudio se encuentra marcada con una estrella.

Cerca del área de estudio se encuentra el río Antigua el cual provoca que el suelo sea húmedo. Las rocas pobremente cimentadas al suelo sirven como refugios potenciales a las lagartijas, son abundantes a lo largo de una carretera de terracería que va del Poblado de San Juan del Valle a un pueblo vecino localizado aproximadamente a dos Km² de distancia. En consecuencia, las orillas de la carretera y tres zonas pequeñas (que después las usaron como áreas de cultivo) con abundancia de escombros sobre el suelo (principalmente piedras pequeñas) fueron los sitios de búsqueda de ejemplares.

CLIMA

El área de estudio se ubica dentro de la zona de climas templados de la sierra de Quimixtlán, y los cálidos del declive del Golfo; presenta dos climas: Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Se presenta al poniente, en las zonas más elevadas de la sierra y Clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano. Es el clima predominante; se presenta en el Oriente del municipio (Fig. 3).

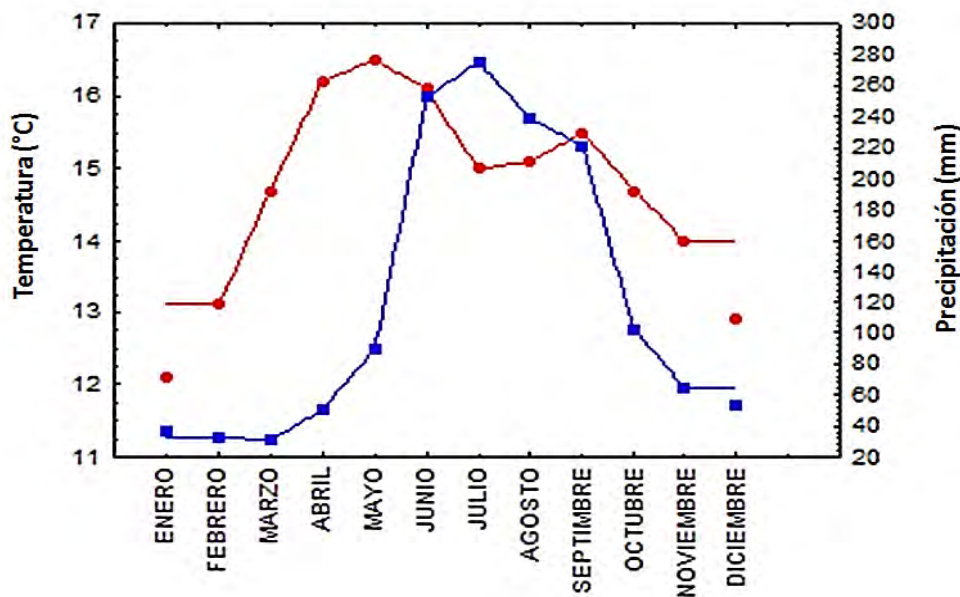


Figura 3. Promedios mensuales de temperatura y precipitación obtenidos de la estación meteorológica del municipio de Chilchotla, Puebla. De color azul se muestra la precipitación y de color rojo la temperatura. (Datos obtenidos de la estación meteorológica de Chilchotla, Puebla).

VEGETACIÓN

En los alrededores del área de estudio se encuentra un bosque de pino encino. Las especies más comunes son *Pinus montezumae*, *Pinus patula*, *Pinus leiophila* y *Quercus polymorpha*. Otras especies presentes en las cercanías de los sitios de colecta son el zacate (*Festuca viridula*), la jarilla (*Jarilla heterophylla*) y la escobilla (*Baccharis wrightii*). También se encuentran cultivos de maíz (*Zea maíz*) y chilacayotes (*Curcubita ficifolia*).

FAUNA

En el área de estudio habitan varias especies de reptiles, aves y mamíferos. *Sceloporus bicanthalis* vive en simpatría con al menos otras cuatro especies de lagartijas vivíparas, *S. formosus*, *S. grammicus*, *Plestiodon brevirostris* y *Celestus legnotus*, y algunas especies de serpientes tales como *Conopsis lineata*, *Crotalus intermedius* y *Thamnophis scaliger*. Entre las aves son frecuentes *Strix varia* (Búho listado), Haplospiza rustica (semillero pizarra), Vireo brevipennis (vireo pizarra), Zenaidura macroura (huilota) y aves de presa como el gavilán y el águila. La fauna de mamíferos incluye el conejo matarrolero (*Sylvilagus bachmani*), la ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), el tlacuache (*Didelphis marsupialis*), el mapache (*Procyon lotor*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), el zorrillo manchado (*Spilogale augustifrons*), y varias especies de roedores.

TRABAJO DE CAMPO

De Marzo de 2011 a Abril de 2012, se realizaron 9 visitas a la zona de estudio para recolectar ejemplares y registrar los datos que se requerían para la realización del presente proyecto. Cada muestreo tuvo una duración de tres días. Se recolectaron ejemplares jóvenes y adultos de ambos sexos. Todos los ejemplares se capturaron con la mano, y al final se tuvo un total de 108 organismos.

Inmediatamente después de capturar un ejemplar se le registró su Temperatura corporal con la ayuda de un termómetro de lectura rápida, de marca FLUKE 53 II. Con el fin de evitar variaciones en la temperatura corporal que sean provocadas por la transferencia de calor a los organismos, o por forzarlos a realizar esfuerzos físicos prolongados, no se consideraron a los organismos que se manipularon o que fueron perseguidos por más de dos minutos. Además de la temperatura corporal también se registró: (i) la temperatura del sustrato, (ii) la temperatura del aire a 0.5 cm del sustrato y (iii) la temperatura del aire (5 cm o más con respecto al sustrato). Todas las temperaturas se registraron evitando que corrientes de aire relativamente fuertes y/o la luz del sol incidieran sobre el extremo del termopar.

Con el fin de evaluar a *grosso modo* el uso del hábitat por parte de *S. bicanthalis* se registró: (i) sustrato en el que se encontró la lagartija y se registraron los porcentajes de cobertura vegetal (pasto, hierbas, arbustos, etc.), de rocas y de suelo desnudos presentes en el área donde se encontraron los organismos. Estos datos se estimaron subjetivamente de la siguiente manera: Primero se consideró un área de aproximadamente un metro cuadrado que incluyó como punto central el lugar donde se observó a la lagartija. Posteriormente se estimaron de manera general los porcentajes señalados.

A cada organismo se le asignó un número de campo y se colocó en una bolsa de plástico transparente para transportarla al laboratorio, donde se registró la temperatura corporal

que seleccionó en un gradiente térmico (Fig. 4). Se considera que la Temperatura seleccionada en laboratorio (Temperatura seleccionada o Temperatura preferida) representa la temperatura corporal óptima del organismo (esto es, la temperatura bajo la cual realiza mejor sus actividades vitales) (Hertz et al., 1993).

TRABAJO DE LABORATORIO

A cada ejemplar recolectado se le registró: (i) Sexo. En organismos adultos los machos se distinguen fácilmente de las hembras por el patrón de coloración. El sexo de los jóvenes puede distinguirse por la presencia (machos) o ausencia (hembras) de un par de escamas agrandadas ubicadas justo en la parte posterior de la cloaca, (ii) Longitud hocico cloaca (LHC), medida de la punta del hocico a la cloaca. Esto se realizó con la ayuda de un vernier Trupper® con precisión de 0.02 mm.

Con el fin de obtener la Temperatura preferida de los organismos se creó un gradiente térmico dentro de un terrario de vidrio con dimensiones de 100 cm de largo, 40 cm de ancho y 50 cm de altura. El terrario se dividió en 2 secciones longitudinales o carriles de 20 cm ancho cada uno. Esto se hizo colocando una tira de triplay que corra a lo largo de la parte central del terrario. Para crear el gradiente térmico en uno de los extremos del terrario, y a una altura de 20 cm con respecto al fondo del mismo, se colocaron dos focos de 300 watts, y en el otro extremo (colocado por debajo de terrario) un recipiente de 30 x 20 x 6 mm previamente llenado totalmente con hielo. Se logró producir un gradiente térmico de 5°C a 55°C aproximadamente.

Se registró simultáneamente la temperatura preferida de dos individuos y con el fin de evitar interferencias entre los mismos, cada organismo se colocó en un carril diferente (el terrario se dividió en dos carriles). Asimismo, con la finalidad de obtener lecturas de

temperatura confiables, primero se permitió que las lagartijas se aclimataran a la temperatura del laboratorio. Para este fin se dejaron en recipientes separados durante al menos un día y durante su estancia en laboratorio se les proporcionó alimento (larvas de tenebrio –*Tenebrio monitor*) y agua, se procuró que permanecieran en temperaturas ambientales adecuadas. Posteriormente se depositaron en el gradiente térmico y se les registró la temperatura corporal cada media hora durante dos horas.

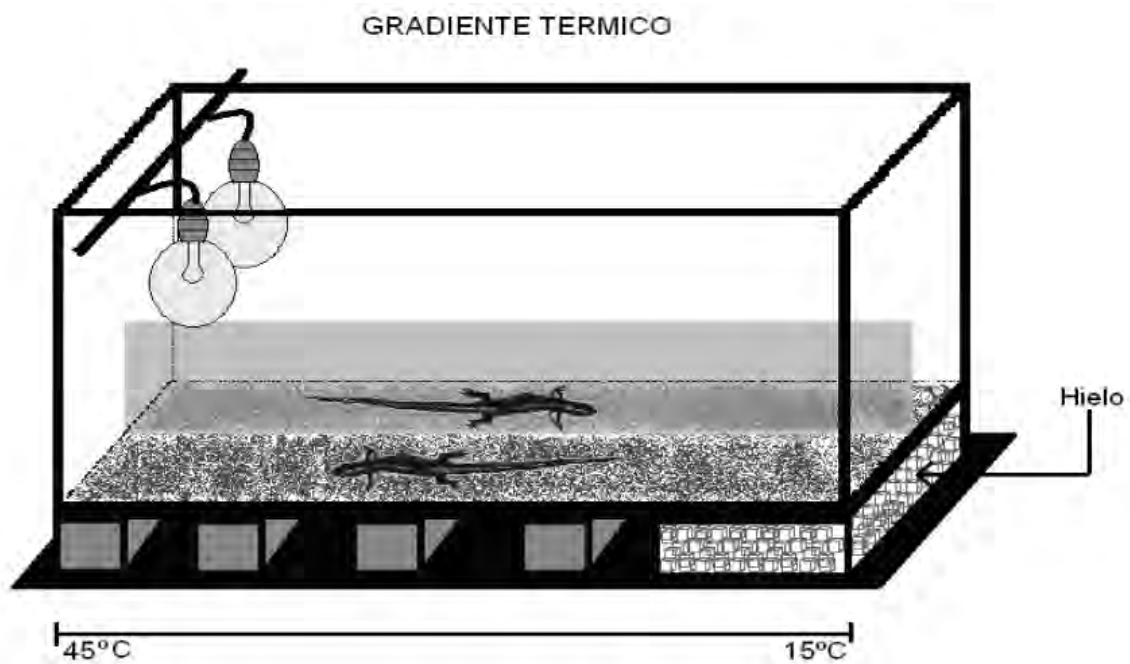


Fig. 4 Esquema del gradiente térmico utilizado para obtener las temperaturas seleccionadas por *Sceloporus bicanthalis*. (Tomado de Moreno 2011)

TRATAMIENTO DE LOS DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Ecología térmica

Se consideraron cinco grupos de organismos: Machos y Hembras jóvenes, Machos y Hembras adultos, y Hembras preñadas. Para cada grupo se calcularon promedios de temperatura corporal, del sustrato y del aire. Ya que los datos no se distribuyeron de manera normal se realizaron pruebas paramétricas alternativas (Kruskal Wallis).

Se utilizó el método de Huey y Slatkin (1976) para evaluar si *S. bicanthalis* realiza ajustes termorregulatorios para evitar temperaturas corporales extremas; éste método se basa en la interpretación de las pendientes de rectas de regresión obtenidas por el método de mínimos cuadrados. Si la pendiente de una recta es cercana a uno, con un intercepto cercano a cero, indica que los organismos no regulan la temperatura de su cuerpo (simplemente siguen pasivamente la temperatura de su entorno), mientras que una pendiente cercana a cero sugiere que los organismos están efectivamente regulando su temperatura corporal (mantienen sus temperaturas corporales relativamente estables a pesar de las fluctuaciones térmicas ambientales). Sin embargo, también se reconoce que éste criterio posee inconvenientes. Por ejemplo: El que la Temperatura corporal (T_c) cambie conforme cambie el ambiente (pendiente = 1.0) no necesariamente sugiere termoconformismo (ausencia de termorregulación activa), simplemente los organismos pueden elegir estar en el microambiente que les permita alcanzar la temperatura deseada.

Con el fin de evaluar adicionalmente si *S. bicanthalis* regula o no su Temperatura corporal, y cuantificar a *grosso modo* su eficiencia termorregulatoria, también se siguió el método de Hertz *et al.* (1993). Si ambos métodos sugieren que *S. bicanthalis* es una especie termorreguladora activa se considerará éste hecho como un apoyo relativamente fuerte para ésta posibilidad. Con el fin de utilizar el método de Hertz *et al.* (1993), se consideraron los siguientes valores de temperatura:

(i) Intervalo de temperaturas seleccionadas (T_{sel}). Éste se obtuvo de la siguiente manera:
(i) Se ordenaron de menor a mayor los registros de Temperatura corporal seleccionada,
(ii) Se eliminó el 50% de los valores extremos (el 25% de los extremos altos y el 25% de los extremos bajos y (iii) se consideró al valor más bajo y al más alto como los valores extremos del T_{sel} .

(ii) Temperaturas operativas (T_e). Las temperaturas operativas son aquellas que los organismos tendrían si no regularan sus temperaturas corporales. Comúnmente se consideran a las temperaturas tomadas de un modelo de cobre (un tubo de cobre aproximadamente del tamaño de las lagartijas bajo estudio) como temperaturas operativas; ésto bajo la suposición de que el modelo simula a una lagartija que no exhibe ninguna acción termorreguladora. Sin embargo, esto aplica principalmente a lagartijas de **estrategia alimenticia "sit-and-wait" (de acecho), ya que en este caso los organismos** perchan en sitios específicos para termorregular y conseguir alimento. *Sceloporus bicanthalis* no es un depredador de acecho. Si bien es común que se asolee en alguna percha, comúnmente busca su alimento en el suelo; por lo tanto, difícilmente el modelo de cobre simularía a un organismo de *S. bicanthalis* no termorregulador. Entonces se esperaba, que en caso de no termorregular, su temperatura coincidiera aproximadamente con la temperatura del sustrato sobre el que se desplazaba (dado su pequeño tamaño se esperaba que la tasa de intercambio de calor con su entorno fuera relativamente rápido). Por ésta razón, en éste estudio se consideraron a las temperaturas del sustrato como temperaturas operativas.

(iii) Temperaturas corporales de campo (T_b). Éstas son simplemente las temperaturas corporales registradas en campo. Si las T_b coinciden o se encuentran dentro del T_{sel} se considerará que los organismos son activas en temperaturas óptimas; en caso contrario, se considerará que su actividad con alguna frecuencia la realizan en temperaturas

corporales inadecuadas, lo que provocaría que sus actividades vitales las realizaran por debajo de sus capacidades potenciales óptimas.

(iv) Con el fin de evaluar que tanto se alejan las temperaturas corporales del T_{sel} se consideró el promedio de las desviaciones (valores absolutos) de las T_b con respecto al intervalo de temperaturas seleccionadas (\bar{d}_b). Si una temperatura corporal particular se encuentra por debajo del T_{sel} la desviación correspondiente es la diferencia entre el límite inferior del T_{sel} y la temperatura corporal en cuestión. Contrariamente, si una temperatura corporal particular se encuentra por arriba del T_{sel} la desviación correspondiente es el valor absoluto de la diferencia entre la T_b en cuestión y el límite superior del T_{sel} .

(v) Para evaluar que tanto las temperaturas del ambiente se alejan del T_{sel} (y con el fin de conocer que tan hostil es el ambiente térmico para las lagartijas) se consideró el promedio de las desviaciones (valores absolutos) de las T_e con respecto al intervalo de temperaturas **seleccionadas** (\bar{d}_e). Los cálculos de las desviaciones particulares se hicieron de la misma manera que en el caso de las desviaciones de las T_b . Esto es dependiendo del valor de T_e se consideró el límite inferior o superior del intervalo.

Finalmente se evaluó la eficiencia térmica de la termorregulación resolviendo la ecuación propuesta por Hertz et al. (1993).

$$E = 1 - (\bar{d}_b/\bar{d}_e),$$

Dónde E = eficiencia térmica, \bar{d}_b = promedio de las desviaciones de las temperaturas corporales con respecto al T_{sel} y \bar{d}_e = promedio de las desviaciones de las temperaturas operativas con respecto al T_{sel} .

Uso de microhábitat

Para cada grupo se calculó el número de individuos que ocupó cada uno de los sustratos considerados (suelo desnudo, pasto, roca y/o arbusto). Se calcularon promedios ($\pm 1ES$) e intervalos de variación para las variables así originadas. No se compararon estadísticamente los datos debido a que en algunos casos se observaron muy pocos organismos.

Se analizó el sitio donde se observó a cada lagartija de la siguiente forma. Primero se consideró una superficie de terreno de aproximadamente un metro cuadrado, el cual tuvo por centro el lugar donde se observó a la lagartija, en seguida, considerando ésta superficie, se calculó el porcentaje de suelo desnudo y los porcentajes de suelo ocupados por pasto, arbustos y rocas. Se obtuvieron resúmenes estadísticos de estos porcentajes (promedios, errores estándar e intervalos de variación). Finalmente, se realizó una prueba de T cuadrada de Hottelling con el fin de evaluar la significancia estadística de las diferencias sexuales en los vectores promedio de los porcentajes registrados. Se consideró al sexo como variable categórica y como variables a los porcentajes de suelo desnudo, cubierto por arbusto, pasto y roca. Se consideró que la diferencia estadística en los vectores indicaría que existen diferencias en el uso de hábitat relacionadas con el riesgo de depredación.

En todas las pruebas estadísticas señaladas más arriba se consideró un nivel de significancia de 0.05. Las pruebas se realizaron utilizando el programa de cómputo Statistica V7 (Stat Soft, 2004).

RESULTADOS

Se recolectaron en total 108 organismos, 94 adultos y 14 jóvenes, de los cuales 61 fueron hembras y 47 machos. Las longitudes hocico cloaca promedio las hembras y machos adultos fueron 45.1 ± 1.49 mm (33.43 - 51.38) y 43.6 ± 0.94 mm (36.56 - 50.72), respectivamente; los jóvenes variaron en tamaño de $44.3 \pm .31$ mm (43.5 - 45) hembras a 37.37 ± 1.21 mm (35 - 40) machos de LHC y las hembras preñadas tuvieron un promedio de LHC de 45.14 ± 1.97 mm (31.64 - 56.56). Los pesos promedio hembras y machos adultos fueron de 3.58 ± 0.35 gr (2.93 - 5.69) y 3.16 ± 0.23 gr (2.23 - 4.48) respectivamente, las hembras jóvenes pesaron en promedio 2.64 ± 0.09 gr (2.4 - 2.8) y los machos jóvenes 2.53 ± 0.02 gr (2.48 - 2.68); mientras las hembras preñadas pesaron 4.49 ± 0.45 gr (2.40 - 5.45).

ECOLOGÍA TÉRMICA

La Temperatura corporal promedio de *Sceloporus bicanthalis* en Chilchotla, Puebla, fue de 30.95 ± 0.33 °C (intervalo 22.2 - 43.2 °C). El promedio de Temperatura seleccionada en laboratorio fue de 34.9 ± 0.27 (intervalo 33.5 - 36.2°C). La Temperatura promedio del sustrato en la zona de estudio fue de 27.93 ± 0.58 °C (intervalo 18.2 - 47.2 °C); y el promedio de las Temperaturas del aire fueron Ta-1, 26.11 ± 0.53 (intervalo 17.4 - 39.9 °C) y Ta-2 fue de 26.34 ± 1.03 (intervalo 14.5 - 35 °C).

La tabla 1 muestra los resúmenes estadísticos de los datos de temperatura registrados en campo y laboratorio para cada uno de los cinco grupos de organismos considerados en este estudio. La Temperatura corporal promedio varió muy poco entre los grupos (de 30.6 ± 0.4 a 31.2 ± 0.61). y las diferencias no fueron significativas ($\chi^2 = 0.32$; gl = 4; p = 0.98).

No se detectaron diferencias significativas entre las temperaturas promedios de los sustratos **correspondientes a los cinco grupos analizados** ($\chi^2 = 0.32$; gl = 4; p = 0.25). Tampoco se detectaron diferencias significativas en las temperaturas promedio del aire (ya sea a 0.5 o a 5 cm con respecto al suelo). Los promedios de las temperaturas preferidas también fueron similares entre los cinco grupos considerados.

Sin embargo, dentro de cada grupo, los valores promedio de las diferentes temperaturas registradas (temperatura corporal, del suelo, del aire y preferida) variaron significativamente (gl = 4 y p > 0.0001 en cada uno de los cinco grupos). Los valores de χ^2 involucrados fueron 61.48, 21.0, 55.10, 38.89 y 21.33 para machos adultos y jóvenes, y hembras adultas, jóvenes y preñadas, respectivamente. Los promedios de las temperaturas preferidas fueron alrededor de 4° C más altos que los correspondientes a las temperaturas corporales (Tabla 1). A su vez, los promedios de las temperaturas corporales fueron entre 3 y 7 °C más altos que los del suelo y el aire (Tabla 1).

TABLA 1- Promedios, errores estándar e intervalos de variación entre paréntesis correspondientes a los cinco grupos de organismos considerados en éste trabajo (Machos Adultos, Machos Jóvenes, Hembras Adultas, Hembras Preñadas y Hembras juveniles). Tc = Temperatura corporal; Ts = Temperatura del suelo; Taire-A = Temperatura del aire a 0.5cm; Taire-B = Temperatura del aire a 5cm, Tsel= Temperatura preferida. Los valores están dados en grados centígrados (° C).

	Machos adultos	Machos Jóvenes	Hembras Adultas	Hembras Preñadas	Hembras Jóvenes
n	42	5	31	21	9
T° Corporal	30.7±0.58 (22.2 - 43.2)	30.6±0.4 (29.9 - 31.5)	31.2±0.61 (26.2 - 41.3)	31.1±0.65 (27.5 - 36.9)	30.8±1 (24.3 - 36.4)
T° Suelo	27.4 ± 0.78 (18.2 - 40.5)	25 ± 1.14 (22 - 26.8)	28 ± 1.3 (20.3 - 47.2)	28.3 ± 1.37 (21.3 - 41.3)	29.25 ± 1.6 (21.10 - 35.2)
T° Aire-A	26.4 ± 0.72 (17.4 - 33.2)	24.7 ± 1.25 (21.5 - 26.7)	25.8 ± 0.81 (20.1 - 35.1)	27.1 ± 1.3 (21.5 - 39.9)	27.4 ± 1.2 (19.2 - 31.9)
T° Aire-B	25.5 ± 0.72 (14.5 - 34.8)	22.9 ± 1.86 (17.6 - 25.5)	24.9 ± 0.63 (19.7 - 35)	25.1 ± 0.92 (20.1 - 33.8)	26.4 ± 1.23 (19 - 31.9)
T° Preferida	34.8±0.14 (34.2 - 35.5)	35.4 ± 0.4 (35 - 36.2)	35.3 ± 0.17 (34.9 - 35.9)	34.4 ± 0.23 (33.5 - 35.2)	34.6 ± 0.4 (33.5 - 35.4)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN (MÉTODO DE HUEY Y SLATKIN, 1976)

La figura 5 muestra los diagramas de dispersión entre la Temperatura corporal y la del ambiente (suelo, aire a 0.5 cm del suelo y aire a 5.0 cm del suelo) correspondientes a los machos de *Sceloporus bicanthalis*, no se encontró una relación significativa entre las temperaturas analizadas.

La figura 6 muestra los diagramas de dispersión y la recta de regresión para los datos de Temperatura corporal y cada una de las tres temperaturas relacionadas con el ambiente térmico de los organismos, del suelo y del aire a 0.5 y a 5.0 cm de altura con respecto al suelo, de hembras adultas. En la figura 7 se observan los diagramas de dispersión y las rectas de regresión entre la Temperatura corporal y las Temperaturas del ambiente (suelo y aire a 0.5 y 5 cm del suelo) para los datos obtenidos de las hembras jóvenes de *Sceloporus bicanthalis*. Puede sugerirse que en ambos casos su temperatura depende del aire, más que de la del sustrato.

La figura 8 muestra los diagramas de dispersión y las rectas de regresión entre la temperatura corporal versus temperatura del suelo, Temperatura del aire a 0.5 cm y Temperatura del aire a 5 cm del altura con respecto al suelo de hembras preñadas de *Sceloporus bicanthalis*. Los valores de las rectas obtenidos fueron de 0.25, 0.35 y 0.4 respectivamente, lo que nos indica termorregulación activa en estos ejemplares.

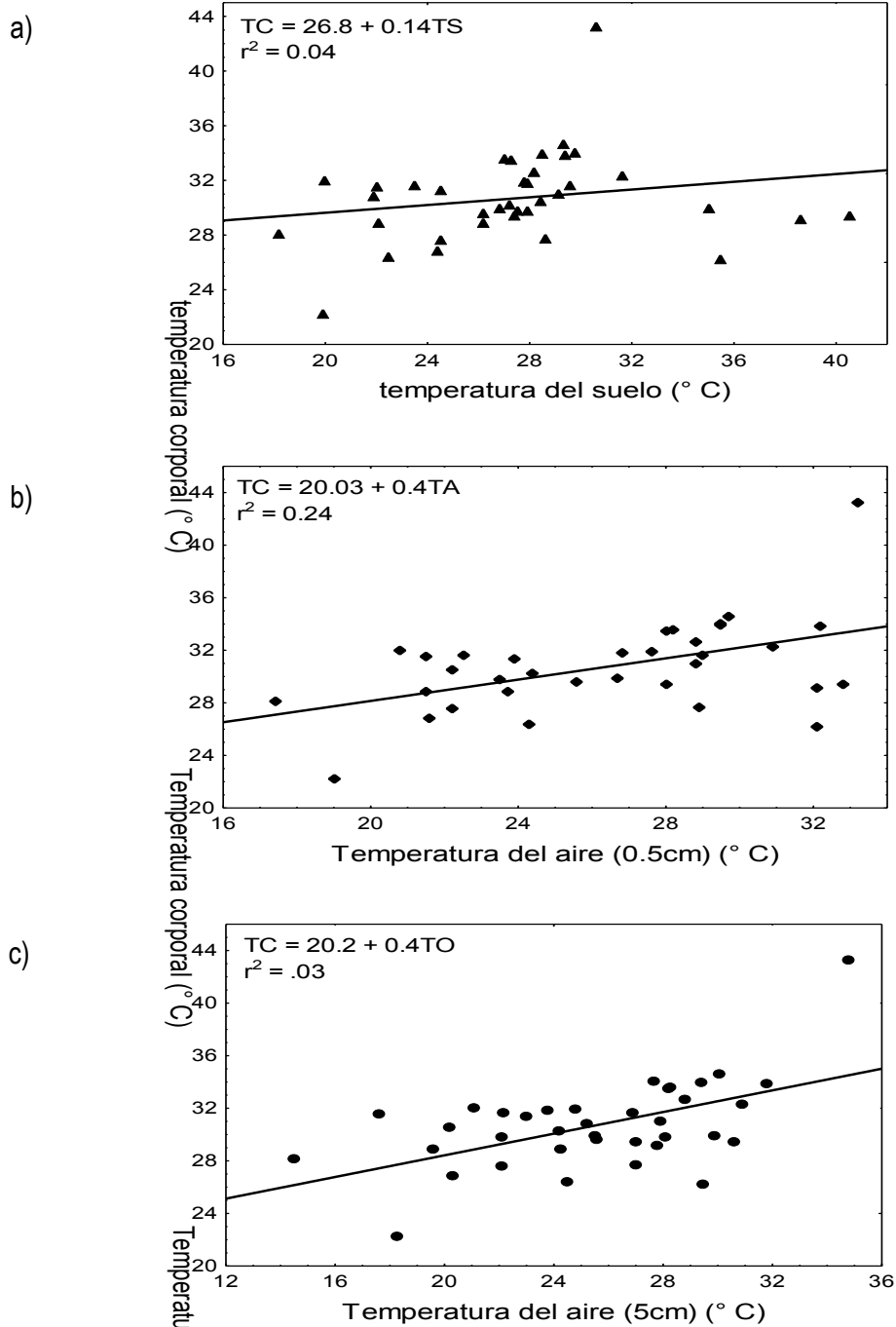


Figura 5. Diagramas de dispersión y líneas de regresión entre la Temperatura corporal y las Temperaturas de suelo (a), del aire a 0.5 cm (b) y del aire a 5 cm (c) correspondientes a los machos de *Sceloporus bicanthalis* en Chilchotla, Puebla.

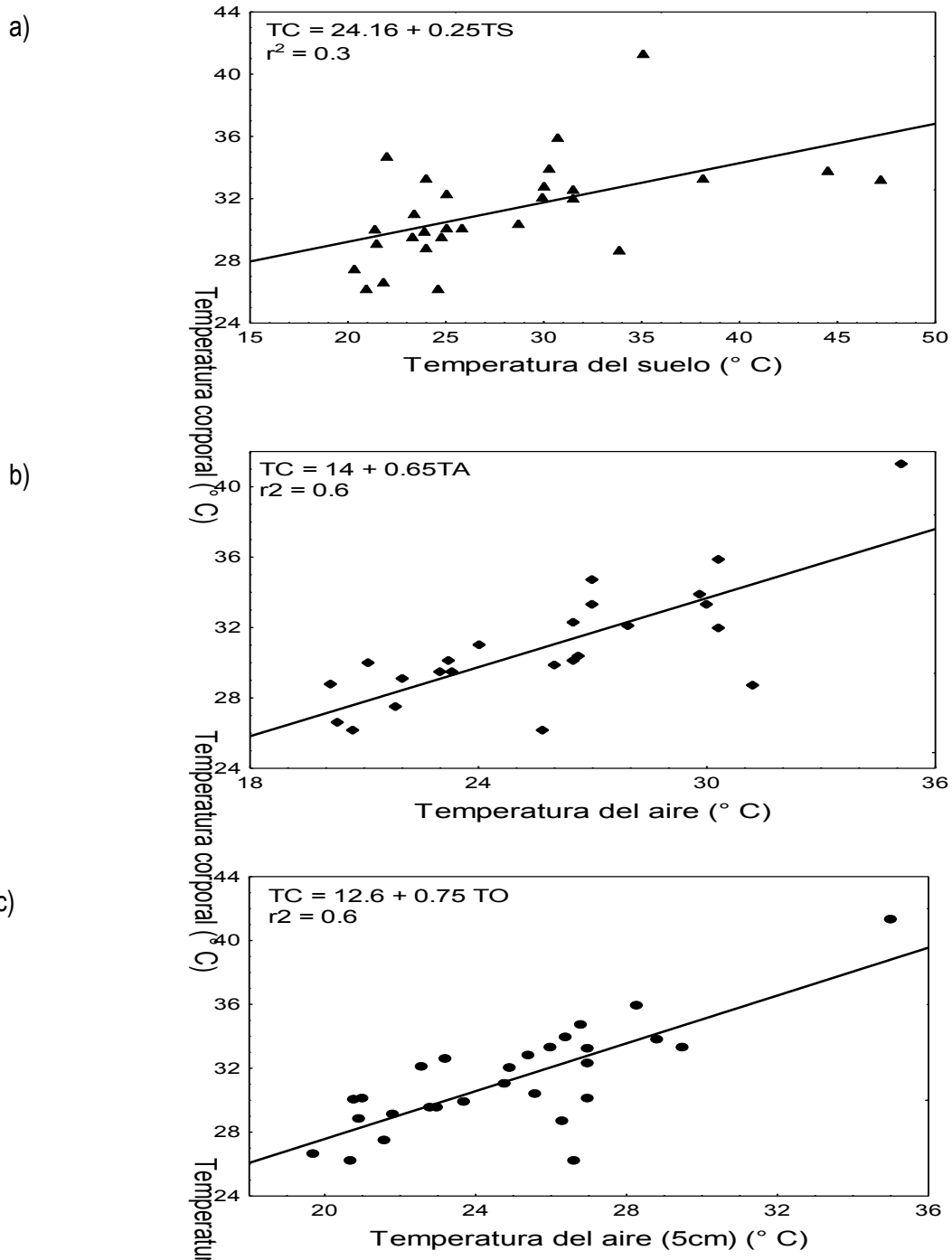


Figura 6. Diagrama de dispersión y líneas de regresión, de las Temperaturas corporales y las Temperaturas operativas (Temperatura del suelo (a), Temperatura del aire a 0.5 cm (b) y Temperatura del aire a 5 cm (c)) de hembras de *Sceloporus bicanthalis* y su microhábitat, en Chilchotla Puebla.

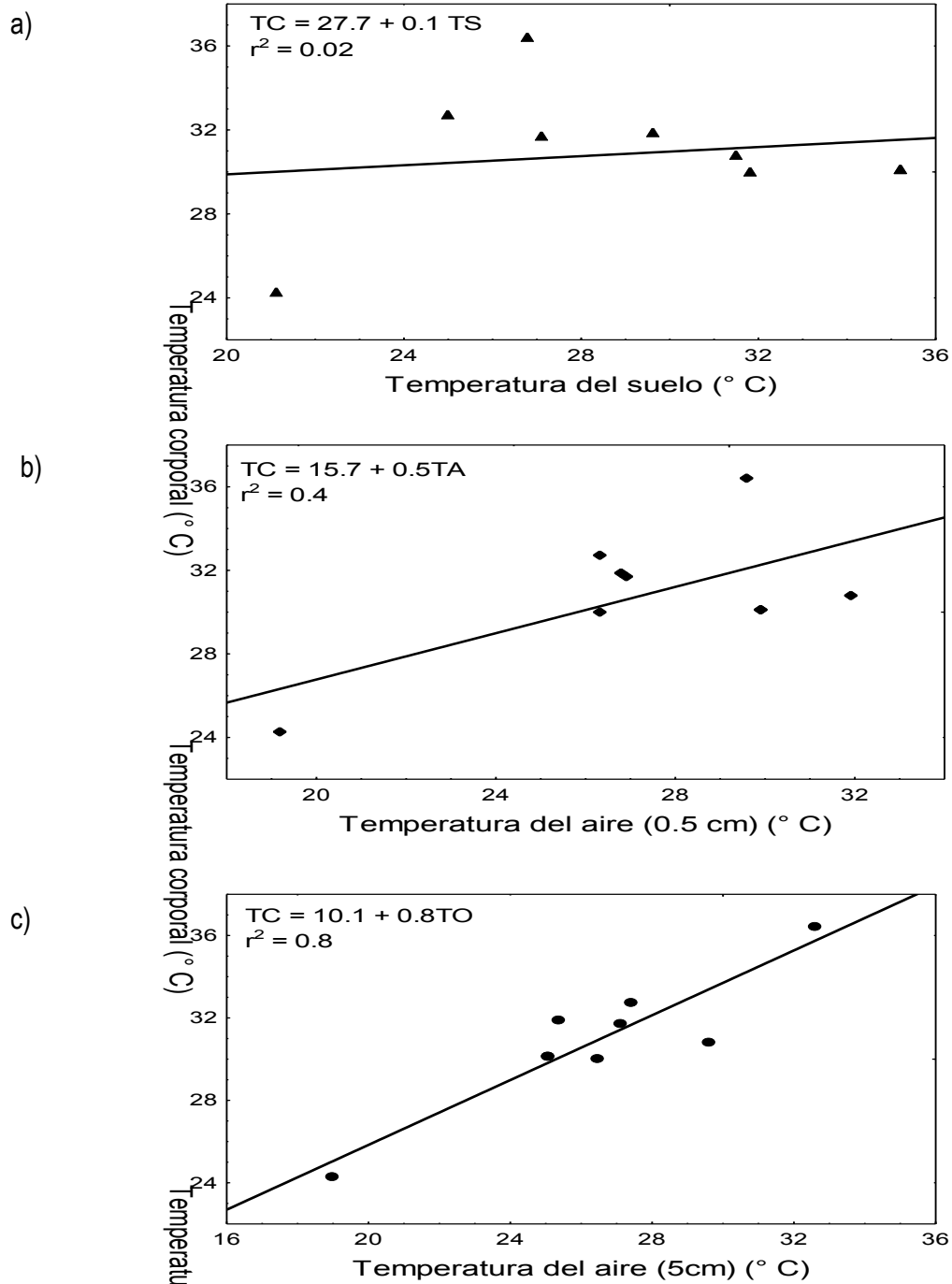


Figura 7. Diagramas de dispersión y líneas de regresión, de las Temperaturas corporales y las Temperaturas operativas (Temperatura del Suelo (a), Temperatura del aire a 0.5 cm (b) y Temperatura del aire a 5 cm(c) de hembras juveniles de *Sceloporus bicanthalis* y su microhábitat, en Chilchotla, Puebla.

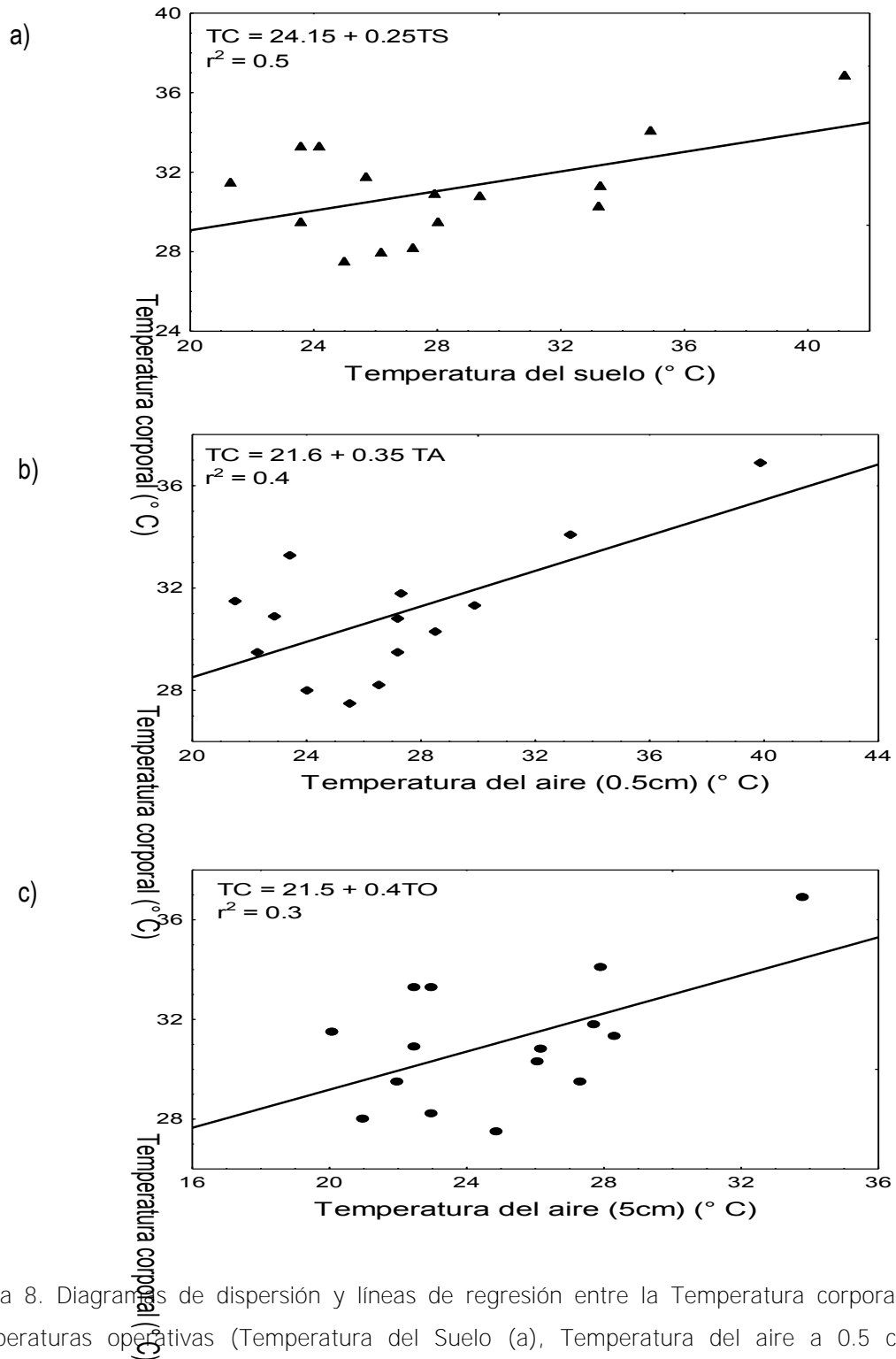


Figura 8. Diagramas de dispersión y líneas de regresión entre la Temperatura corporal y las Temperaturas operativas (Temperatura del Suelo (a), Temperatura del aire a 0.5 cm (b) y Temperatura del aire a 5 cm(c) del microhábitat ocupado por hembras preñadas de *Sceloporus bicanthalis* en Chilchotla, Puebla.

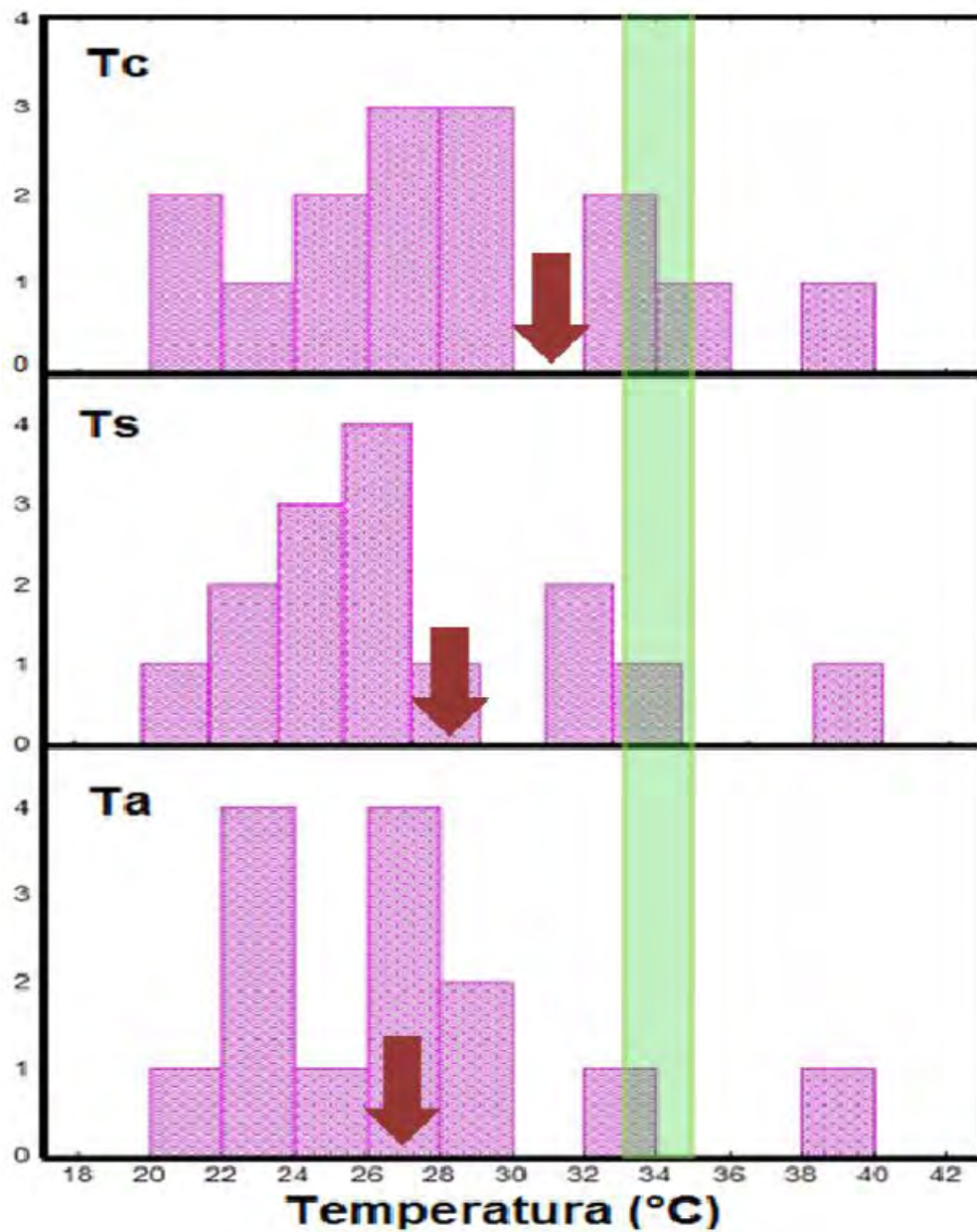


Figura 9. Frecuencias de las Temperaturas corporales de hembras preñadas de *S. bicathalis* (Tc), Temperaturas del sustrato (Ts) y del aire (Ta). La barra verde indica el intervalo de temperaturas corporales seleccionadas por los organismos en el gradiente térmico del laboratorio (Tsel). Las flechas rojas indican temperaturas promedio.

La mayoría de las hembras preñadas en campo están a una temperatura distinta a la seleccionada en laboratorio, comúnmente se encontraron a temperaturas bajas, incluso los promedios de temperaturas de campo, de sustrato y del aire son menores a la T_{sel} . (Fig. 8). Lo mismo ocurre con el resto de las hembras y con los machos de esta especie en estudio. (Figs. 9 y 10)

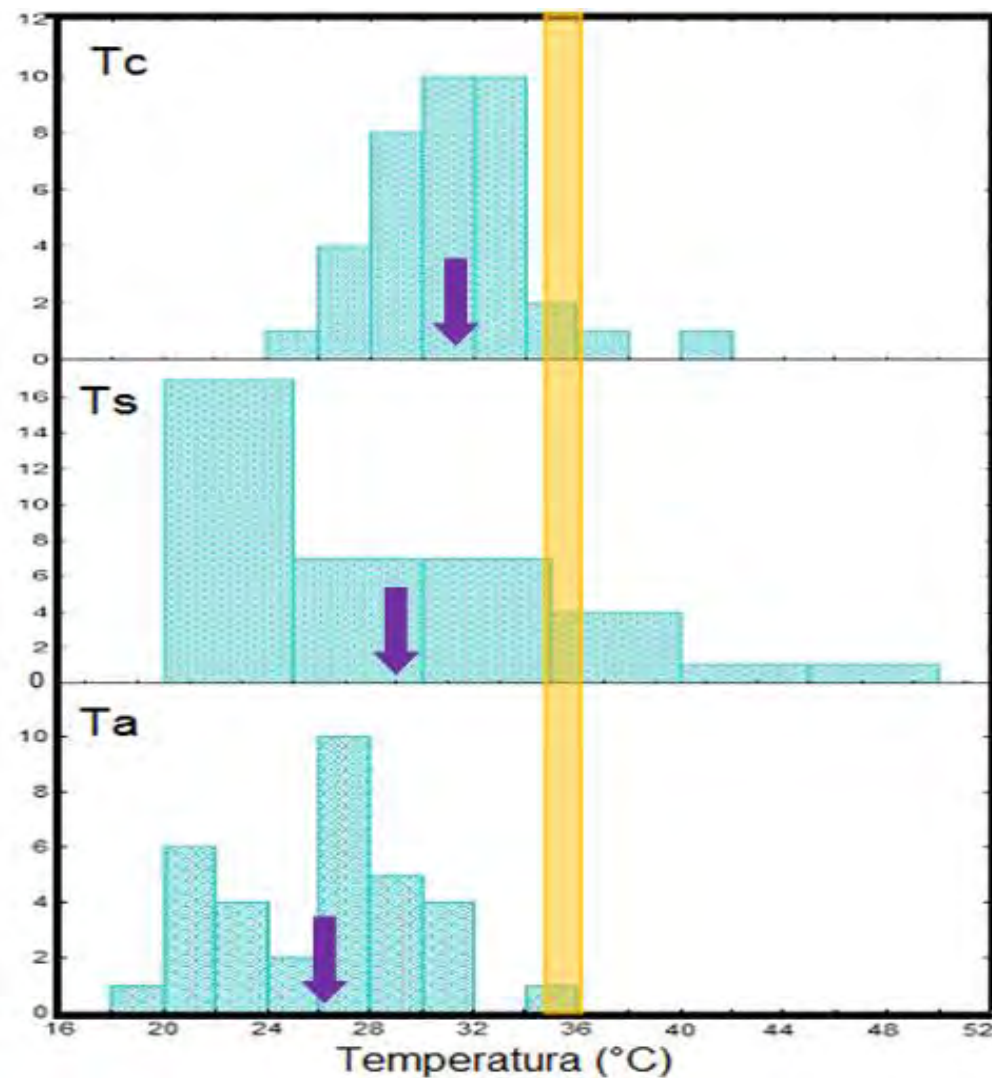


Figura 10. Distribución de frecuencias de las temperaturas corporales de las hembras (gráfica superior), temperaturas operativas del sustrato y del aire (gráfica media e inferior). La barra amarilla indica el intervalo de temperaturas corporales seleccionadas por los organismos en el gradiente térmico del laboratorio (T_{sel}). Las flechas moradas indican temperaturas promedio.

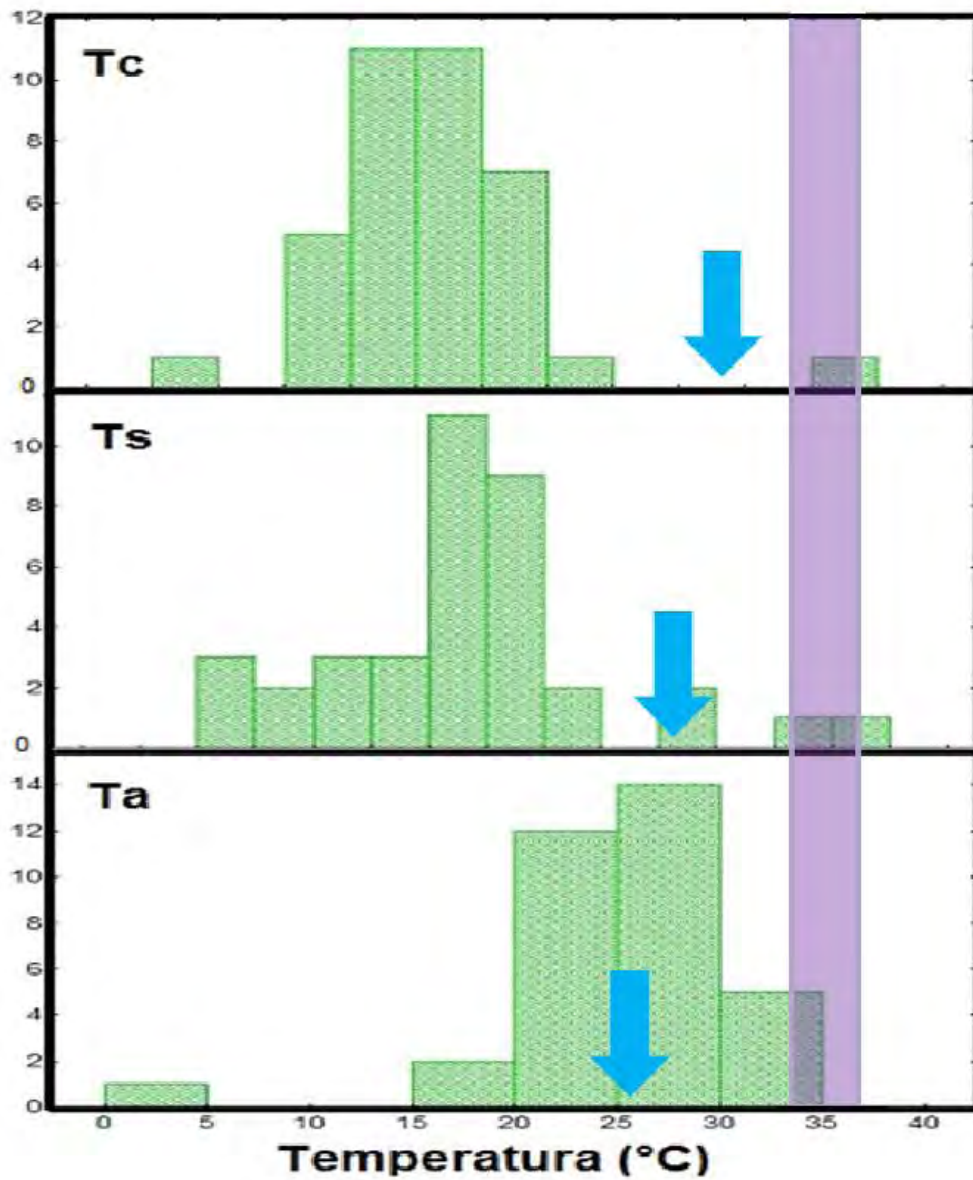


Figura 11. Distribución de frecuencias de las Temperaturas corporales de los machos estudiados en el presente trabajo (T_c , gráfica superior), Temperaturas operativas del sustrato (T_s , gráfica media) y Temperaturas del aire (T_a , gráfica inferior). La región morada indica el intervalo de Temperaturas corporales seleccionadas por los organismos en el gradiente térmico del laboratorio (T_{sel}). Las flechas azules indican temperaturas promedio.

MÉTODO DE HERTZ (EFICIENCIA TÉRMICA) $E = 1 - (\bar{d}_b/\bar{d}_e)$

Tabla 2.- Valores de eficiencia térmica obtenidos de las lagartijas de *S. bicantalis* obtenidos por el Método de Hertz.

CATEGORÍA	(EFICIENCIA TÉRMICA) $E = 1 - (\bar{d}_b/\bar{d}_e)$
MACHOS	0.50
MACHOS JUVENILES	0.50
HEMBRAS	0.56
HEMBRAS JUVENILES	0.48
HEMBRAS PREÑADAS	0.62

El modelo de Hertz et al. (1993) fue diseñado para determinar si una especie en particular termorregula o no, por lo que una alta eficiencia en la termorregulación indica que la especie es termorreguladora activa. Éste estudio arroja los siguientes valores de eficiencia térmica de los diferentes grupos en que se dividieron los organismos: machos adultos: 0.5034, machos juveniles: 0.50, hembras adultas: 0.56, hembras juveniles: 0.48, hembras preñadas: 0.62

USO DE MICROHÁBITAT

Sceloporus bicanthalis se encuentra con mayor frecuencia en zonas donde hay pasto (Tabla 3). Por el contrario casi no se encuentra en sitios con suelo desnudo. El siguiente sustrato más utilizado fue la roca, la mayoría de los organismos observados en roca se encontraban asoleándose. Como se señala en el método no se compararon estadísticamente los datos debido a que en muchos casos (celdas en la tabla 3) el número de ejemplares observados fue nulo o muy pequeño. Sin embargo, con el fin evaluar estadísticamente los datos se hizo lo siguiente: Se consideraron los valores totales mostrados en la última hilera de la tabla 3 (excepto el número de organismos vistos en suelo desnudo), posteriormente se calculó la frecuencia esperada de ejemplares bajo la suposición de que estos usaran de igual manera los microhábitats roca, pasto y arbusto (el valor fue $18 + 79 + 10)/3 = 36$ para los tres microhábitats). Por último se realizó una prueba de Ji cuadrada con el fin de evaluar si los microhábitats se usan o no con igual frecuencia. El resultado demostró que las lagartijas usan con mayor frecuencia el suelo cubierto por pasto (Ji cuadrada = 79.13; gl = 2; p = 0.0000).

Tabla 3. Número de organismos vistos en cada tipo de sustrato.

	Roca	Pasto	Arbusto	Suelo Desnudo	Total
Machos adultos	7	32	2	1	42
Machos jóvenes	1	4	0	0	5
Hembras adultas	8	17	6	0	31
Hembras jóvenes	1	8	0	0	9
Hembras preñadas	1	18	2	0	21
Total	18	79	10	1	

La tabla 4 muestra los resúmenes estadísticos de los porcentajes en los que cada sustrato se encontraba representado en los cuadrantes considerados (ver método). No hubo diferencias sexuales significativas en la composición de los cuadrantes en los que se encontraban los ejemplares (Prueba de Hotelling: $F = 2.3324$; $p = 0.0619$). Ésto es, no hay razón para asumir que el riesgo de depredación provoca alguna diferencia sexual en el uso del hábitat.

Tabla 4. Promedios (\pm ES) e intervalos de variación de los porcentajes correspondientes a los componentes (pasto, arbusto, roca y suelo) de los cuadrantes considerados.

Variable	Machos (N=47)	Hembras (N=61)
Pasto	61.4893 \pm 5.4 (1-97)	53.2295 \pm 3.8 (1-97)
Arbusto	18.8723 \pm 4.7 (1-97)	25.1967 \pm 4.0 (1-97)
Roca	17.6170 \pm 4.2 (1-97)	16.1475 \pm 3.3 (1-97)
Suelo desnudo	2.0212 \pm 1.0 (1-49)	5.4262 \pm 2.0 (1-89)

En general, y para cada grupo intraespecífico considerado (hembras y machos adultos, etc.) se observaron más organismos en sitios expuestos al sol que a la sombra. Al igual que en el caso de los números de organismos observados en cada sustrato en este caso hay celdas con tamaños de muestra nulos o pequeños. Por esta razón también se utilizaron los datos de la última hilera y valores esperados bajo la suposición de que los organismos se encuentran indiferentemente en sitios soleados y sombreados para realizar una prueba de Ji cuadrada. En este caso la hipótesis nula fue que los organismos se encontraban por igual en sitios soleados y sombreados. La prueba demostró que los organismos se encuentran con mayor frecuencia en sitios soleados (Chi cuadrada = 53.48; gl = 1; p = 0.0000). Esto sugiere que una manera de evitar que la temperatura corporal de los organismos disminuya rápidamente es realizando sus actividades en sitios soleados.

Tabla 5. Número de organismos de *S. bicanthalis* observados en exposición al sol o en la sombra.

	Sol	sombra	total
Machos adultos	34	8	42
Machos jóvenes	5	0	5
Hembras adultas	24	7	31
Hembras jóvenes	9	0	9
Hembras preñadas	20	1	21
Total	92	16	

DISCUSIÓN

El promedio de la temperatura corporal de *Sceloporus bicanthalis* en la población de Chilchotla, Puebla fue de 30.95 ± 0.33 °C (intervalo 22.2 - 43.2 °C). Resulta relativamente más bajo que la temperatura reportada por Andrews et al. (1999) para una población de la misma especie ubicada en Zoquiapan, México a 3200 msnm, donde encontró un promedio de 32°C. Sin embargo, es un poco más alta en comparación con lo encontrado en el mismo trabajo en el Nevado de Toluca, México (a 4100 msnm) donde *Sceloporus bicanthalis* tiene una temperatura promedio de 29°C; por lo tanto, el promedio encontrado en este trabajo arroja un valor intermedio a los señalados arriba. Sin embargo, las diferencias son pequeñas y podríamos decir que *Sceloporus bicanthalis* mantiene temperaturas corporales semejantes en las tres áreas involucradas.

Andrews et al. (1999) señala que en sus investigaciones los machos tuvieron temperaturas corporales más altas que las hembras. En la población de Chilchotla, Puebla, los promedios de temperatura corporal de *S. bicanthalis* no sugieren que los machos mantengan temperaturas más altas que las hembras. Por el contrario, los promedios de las Tc de las hembras (jóvenes, adultas y preñadas) son ligeramente más altas (0.1 a 0.5 °C) que la de los machos jóvenes y adultos (ver Tabla 1). Sin embargo, las diferencias reportadas por Andrews et al. (1999) son muy pequeñas (de 0.3 a 1.9 °C) y en dos de las nueve parejas de promedios que comparó los machos tuvieron temperaturas corporales más bajas que las hembras (ver Tabla 2 en Andrews et al. 1999). De este modo, no es claro en qué medida los resultados reportados por Andrews et al. (1999) difieran de lo encontrado en este estudio.

Trujillo-Cornejo (2001) estudió dos poblaciones de *Sceloporus bicanthalis*, una en Nopalillo, Hidalgo, a 2900 msnm y otro de Cuicatlán, Oaxaca, a 2700 msnm. En ambas reporta una temperatura corporal promedio de 31.6°C. Esos datos también son parecidos

a los obtenidos en este estudio (30.95 °C). Las poblaciones hasta ahora señaladas se encuentran en altitudes diferentes, 2310 m en este estudio y 2700, 2900, 3200 y 4100 en el caso de las otras poblaciones. Las similitudes en las temperaturas corporales promedio de estas poblaciones parecen reflejar el hecho de que pertenecen a una misma especie. Sin embargo, dado que es de esperarse que las diferencias altitudinales reflejen diferencias en los ambientes térmicos involucrados (por ejemplo, más frío a 4100 que a 2310 m), las similitudes notadas sugieren que los organismos de alguna manera están modificando sus temperaturas corporales a través de comportamientos termorregulatorios.

Sceloporus aeneus, la especie más cercanamente emparentada a *S. bicanthalis*, tiene una temperatura corporal de 29°C (Andrews et al., 1999). Ésta temperatura es menor que la encontrada para la población de San Juan del Valle; esto es así, a pesar de que ambas especies son hermanas y similares en peso y tamaño corporal; incluso el hábitat de la especie estudiada en el presente trabajo es similar a la de población de *S. aeneus* estudiada por Andrews et al., (1999). En consecuencia, es factible asumir que la diferencia encontrada se debe simplemente a que viven en ambientes térmicos distintos: más frío en la población estudiada por Andrews et al., (1999), la cual habita a una altitud de 2800 m.

La temperatura corporal promedio de *S. bicanthalis* es un poco menor que la reportada para una población de *S. scalaris* que habita en las montañas Chiricahua, al Oeste de Arizona (32.6 °C, Smith et al., 1993). Sin embargo, el intervalo de temperaturas corporales mantenidas por las lagartijas de esta población es más amplia y más sesgada hacia temperaturas frías (12.6 a 39 °C) que las mantenidas por las lagartijas de la población de San Juan del Valle (22.2 - 43.2 °C). Debido a que *S. scalaris* es una especie cercanamente emparentada y de tamaño similar a *S. bicanthalis* se esperaría que tuvieran comportamientos térmicos similares. La diferencia encontrada puede deberse a que en las Montañas Chiricahua el ambiente es más extremo que en San Juan del Valle.

La temperatura de la población de *S. bicanthalis* de San Juan del Valle se encuentra dentro del intervalo de temperaturas corporales proporcionada por Andrews (1998) para 18 especies del género *Sceloporus* (28.6 a 37 °C). Por otro lado, Andrews (1988) resaltó que las poblaciones de zonas tropicales y altas altitudes por lo común mantienen **temperaturas corporales relativamente bajas (≈ 31.0 °C)**. La población de *S. bicanthalis* habita en una zona tropical en donde la altitud es de 2310 m., por lo tanto cae dentro del patrón encontrado por Andrews (1998).

La Tsel de *S. bicanthalis* en San Juan del Valle es de 34.9 ± 0.27 (intervalo 33.5 – 36.2°C). En cambio, como se señaló arriba, las temperaturas corporales de campo son más bajas **(la diferencia en los promedios es de ≈ 4 °C)**. Esto sugiere que las temperaturas de campo no son las óptimas para realizar sus actividades vitales. Esto es, al parecer con frecuencia realizan actividades en temperaturas corporales inadecuadas, por debajo de sus capacidades potenciales óptimas. Algo similar ocurre con *S. aeneus*, en donde las temperaturas corporales de campo promedio (29 °C) son 6 °C más baja que la temperatura preferida promedio de *S. bicanthalis* (Andrews et al., 1999). Por otro lado, es de notarse que la Tsel por los organismos de San Juan del Valle es igual a la reportada para las poblaciones de Zoquiapan y del Nevado de Toluca (Andrews, 1999). No obstante es ligeramente más baja que la estimada para *S. aeneus* en la población de Milpa Alta (35.5 °C, excluyendo los machos).

Andrews en su estudio de 1999 para *S. bicanthalis* reporta un promedio de temperatura del aire de 19°C a 3200 msnm, de 8°C a 4100 msnm y de 22°C para *S. aeneus* a 2800 msnm. Smith publicó en 1993 para *Sceloporus scalaris* un promedio de T_a de 20.2°C con un rango de 5.2-36.4°C, en un área a 2500-2600 msnm. En éste trabajo se obtuvieron promedios de dos temperaturas del aire; una a 0.5 cm y otra a 5 cm del sustrato, teniendo como promedio 25.9°C y 26.3°C respectivamente. Por otro lado, éste trabajo se realizó a menor altitud (2310 msnm) y las temperaturas se mostraron más cálidas que en los estudios de Andrews et al. (1999) y Smith et al. (1993). Esto sugiere que el ambiente

térmico de la población de San Juan del Valle puede ser más favorable que el de las otras poblaciones. Al parecer, las temperaturas de campo relativamente bajas de *S. bicanthalis* podrían reflejar restricciones adicionales a las impuestas por su ambiente térmico.

La temperatura corporal promedio de las hembras preñadas (31.1 °C) es similar a la de otros grupos considerados en este estudio (Tabla 1). Esto es diferente de lo reportado para otras especies. Según los estudios de Mathies y Andrews (1997), *Sceloporus jarrovi* mantiene una temperatura corporal baja y con poca variación durante el periodo de gestación, debido a que las temperaturas elevadas pueden ser letales para los embriones. Contrariamente en *Haplodactylus maculatus* las hembras preñadas poseen menor temperatura corporal que los demás adultos (Rock et al., 2000). Estas diferencias son de esperarse si se considera que las temperaturas corporales óptimas para el desarrollo embrionario pueden diferir de las temperaturas óptimas para los organismos. En *S. bicanthalis* o las temperaturas corporales de campo son similares a las temperaturas óptimas para el desarrollo embrionario o resulta muy costoso alcanzar estas temperaturas.

Las temperaturas corporales de campo (T_b) de *S. bicanthalis* de San Juan del Valle fueron similares para los cinco grupos de organismos (hembras preñadas, jóvenes y adultos de ambos sexos: Tabla 1). También, en los cinco grupos, las T_b estuvieron por debajo de las temperaturas seleccionadas en laboratorio. Asimismo, las temperaturas promedio del aire a 0.5 cm y a 5 cm fueron menores que las T_b y las T_{sel} . Evidentemente, la temperatura del aire tiende a impedir que los organismos alcancen temperaturas corporales óptimas. Por otro lado, el hecho de que las T_b son más altas que la del aire sugieren que los organismos están adquiriendo calor a través de la radiación solar, de hecho, es frecuente observar organismos asoleándose en alguna percha expuesta al sol.

En los machos no hubo relación significativa entre la temperatura corporal y ya sea la del sustrato o la del aire a 5 cm con respecto al suelo ($r = 0.2$ y 0.17 , respectivamente $p >$

0.05). Si bien se detectó una relación positiva entre la temperatura corporal y la del aire a 0.5 cm del suelo, el porcentaje de variación en la temperatura corporal explicada por el modelo (la ecuación de la recta) es de solo 24%. Sin embargo, la pendiente de la recta de regresión que modela ésta relación es de 0.4, un valor muy cercano a cero (Fig. 5). De este modo, de acuerdo al criterio de Huey y Slatkin (1976) los machos de la especie estudiada regulan de alguna manera su temperatura corporal.

En el caso de las hembras adultas, en las tres temperaturas se detectó una correlación positiva entre ambas variables (T_{a1} , ó T_{a2} ó T_s vs T_c) ($p < 0.01$). El porcentaje de variación explicado por el modelo fue del 30% para la relación temperatura corporal versus temperatura del suelo y del 60% para para las otras dos relaciones. La pendiente de las rectas de regresión obtenidas fueron 0.25, 0.65 y 0.75, respectivamente (Figura 6). Ésto sugiere que, a diferencia de los machos adultos, la temperatura corporal de las hembras adultas depende más de la temperatura del ambiente que la de su sustrato para realizar actividades termorregulatorias.

Para los datos de las hembras juveniles de *Sceloporus bicanthalis*. Los valores de las pendientes de las rectas fueron de 0.1, 0.5 y 0.8 respectivamente; puede notarse que las rectas son mayores con los datos de la temperaturas del ambiente, sobretodo en la relación entre la Temperatura corporal versus Temperatura del aire a 5 cm con respecto al suelo (Fig. 7). Estos valores señalan que la termorregulación es activa y que los jóvenes, al igual que las hembras adultas, dependen más de la temperatura del aire que la de su sustrato para realizar ajustes termorregulatorios.

En las regresiones correspondientes a las hembras preñadas de *Sceloporus bicanthalis* los valores de las rectas obtenidos fueron de 0.25, 0.35 y 0.4, respectivamente, lo que sugiere una tendencia hacia una termorregulación activa de estos organismos; en los tres casos se detectó una correlación positiva entre ambas variables ($p < 0.05$). El porcentaje

de variación en la temperatura corporal explicada por el modelo es de solo 50%, 40% y 30% respectivamente.

Las temperaturas corporales de machos, hembras, hembras preñadas y hembras juveniles de *Sceloporus bicanthalis* presentaron una relación positiva (menor que 1) con las temperaturas del suelo y del aire. Esto es, al aumentar la temperatura del suelo o del aire aumenta la temperatura de su cuerpo, pero en una tasa menor a la que aumentan las primeras (Figs. 5, 6, 7 y 8).

En los machos, la relación es poco precisa ya que los coeficientes de determinación fueron 0.04, 0.24 y .03, esto podría indicar que gran parte de la variación de las temperaturas corporales de *S. bicanthalis* no se deben a la variación de las temperaturas ambientales. Por otro lado, las pendientes de las rectas de regresión fueron de 0.14, 0.4 y 0.4, esto sugiere que los machos tienden hacia la termorregulación activa (Fig. 5).

El índice de eficiencia termorregulatoria (E) de Hertz para la población de *S. bicanthalis* de San Juan del Valle fue alrededor de 0.5 para para los machos adultos y jóvenes (hembras o machos), y de 0.62 para hembras preñadas. Algunas especies consideradas como **termorreguladoras eficientes han tenido valores de E de ≈ 0.75** (*Varanus*: Christian y Weavers, 1996) 0.66 (calculado a partir de valores de db y de reportados para *Aspidoscelis lineatissima*: Navarro-García et al., 2008). En consecuencia podemos decir que los organismos de *S. bicanthalis* de la población estudiada regulan su temperatura corporal de una manera moderada. El valor de E relativamente alto para las hembras preñadas de *S. bicanthalis* sugiere que éstas regulan su temperatura corporal con mayor eficiencia que los otros grupos (jóvenes y adultos de ambos sexos). Ésto es de esperarse si se considera que las hembras deben mantener temperaturas adecuadas para el desarrollo embrionario. Moreno-Gutierrez (2011) estudió la ecología térmica de una población de la lagartija vivípara *P. indubitus* que habita al Noroeste de Morelos. Encontró

que si bien los adultos (machos y hembras) y jóvenes tuvieron valores de E bajos, de 0.29 a 0.44, el valor correspondiente para las hembras preñadas fue de 0.61.

Sceloporus bincanthalis comúnmente se le observa activa sobre el suelo. Sin embargo, con mayor frecuencia se desplaza en zonas con pasto y casi no se aventura hacia áreas abiertas (Tabla 4). Es factible considerar que las zonas de pasto representan áreas relativamente seguras en comparación con el suelo desnudo o con arbustos esparcidos. El hecho de que la temperatura del suelo y del aire sea menor que su temperatura corporal y mucho menor que las temperaturas seleccionadas en laboratorio (Tabla 1), sugiere que las zonas de pasto representan un ambiente térmicamente inadecuado y apoya la idea de que éstas áreas ofrecen protección y alimento a los organismos. Contrariamente, las rocas representan sitios adecuados para adquirir calor, ya sea por asoleo directo o conducción, al establecer contacto con un sustrato caliente.

CÓNCLUSIONES

- ✚ *Sceloporus bicanthalis* regula activamente su temperatura corporal (con eficiencia moderada según el método de Hertz). El hecho de que las temperaturas corporales de campo sean mayores a las del ambiente en el que realizan sus actividades indica que obtienen calor principalmente a través del asoleo. También, la mayor frecuencia de organismos activos en sitios soleados sugiere que evitan lugares frescos que puedan disminuir aún más sus temperaturas corporales. Las hembras preñadas termorregulan de una manera más eficiente que los machos y que los organismos jóvenes, ésto presumiblemente es debido a que el desarrollo embrionario demanda temperaturas relativamente constantes.
- ✚ Las temperaturas corporales de campo de *Sceloporus bicanthalis* en San del Valle, Chilchotla, Puebla son similares en jóvenes y adultos de ambos sexos. Dado que la temperatura del aire y del sustrato son aún menores que las temperaturas corporales, las similitudes en éstas últimas temperaturas reflejan una restricción ambiental.
- ✚ La calidad térmica del hábitat no es adecuada para los requerimientos térmicos de la especie. *Sceloporus bicanthalis* tiene una preferencia a microhábitats con mayor porcentaje de pasto, probablemente debido a la disponibilidad de alimento que provee y la protección que brinda respecto a potenciales depredadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❖ Adolph, C. S. 1990. Influence of behavioral thermoregulation on microhabitat use by two *Sceloporus* Lizards. *Ecology* 71:315-327.
- ❖ Adolph S. C. & W. P. Porter. 1993. Temperature, activity and lizard life-history. *American Naturalist*, 142: 273-295.
- ❖ Andrews and B. R. Rose. 1994. Evolution of viviparity constraints on egg retention. *Physiol. Zool.* 67; 1006-1024.
- ❖ Andrews R. M. 1998. Geographic variation in field body temperatures of *Sceloporus* Lizards. *Journal of thermal Biology* Vol. 23 No. 6 pp. 329-334.
- ❖ Andrews R. M., F. R. Méndez de la Cruz, & M. Villagrán-Santa Cruz. 1997. Body temperatures of female *Sceloporus grammicus*. Thermal stress or impaired mobility *Copeia* 1997: 108-115.
- ❖ Andrews, R. M., F. R. Méndez de la Cruz, M. Villagrán-Santa Cruz, and F. Rodríguez-Romero. 1999. Field and selected body temperatures of the lizards *Sceloporus aeneus* and *Sceloporus bicanthalis*. *Journal of herpetology* 33:93-100.
- ❖ Anguilletta M. J. Jr., R. Scott Winters & A. E. Dunham. 2000. Thermal effects on the energetics of lizards embryos: Implications for hatchling phenotypes. *Ecology* 81: 2957-2968.
- ❖ Avery, R. 1982. Field studies on body temperatures, and thermoregulation. In: *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. C. Gans and F. H. Pough (Eds.): 93-166. Academic Press. New York.
- ❖ Ballinger R. E., K. R. Marion & O. J. Sexton. 1970. Thermal ecology of the lizard, *Anolis limifrons*, with comparative notes on three additional panamanian Anoles. *Ecology* 51: 246-254.
- ❖ Bell L. E., Smith H. M., and Chiszar D. 2003, An annotated list of the species-group names applied to the lizard genus *Sceloporus*. *Acta Zoologica Mexicana* (n. s.) 90: 103-174

- ❖ 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. & S. Ellner. 1987. A quantitative test of life history theory: Thermoregulation by a viviparous lizard. *Ecological Monographs* 51: 45-68.
- ❖ Benabib M. & J. D. Congdon. 1992. Metabolic and water-flux rates of free-ranging tropical lizards *Sceloporus variabilis*. *Physiological Zoology* 65: 788-802.
- ❖ Bogert C. M. 1949a. Thermoregulation and critical 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.
- ❖ Brattstrom, B. H. 1965. Body temperatures of reptiles. *American Midland Naturalist* 73, 376-422.
- ❖ Browker, R. Damschroder, S., Sweet, A. & Anderson, D. 1986. Thermoregulatory behavior of the North American lizards *Cnemidophorus velox* and *Sceloporus undulatus*. *Amphibia-Reptilia*, 7: 335-346.
- ❖ Browker, R. G., Damschroder, S., Sweet, A. M. and Anderson, D. K. 1986. Thermoregulatory behavior of the North American lizards *Cnemidophorus velox* and *Sceloporus undulatus*. *Amphibia- Reptilia* 7, 335-346.
- ❖ Christian, K. A. y B. W. Weavers. 1996. Thermoregulation of monitor lizards in Australia: an evaluation of methods in thermal biology. *Ecological Monographs* 66: 139-157.
- ❖ Cowles R. B. & C. M. Bogert. 1944. A preliminary study of thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83: 261-296.
- ❖ Crisostomo-Perez M. 2012. Actividad reproductiva anual de *Sceloporus bicanthalis* (Squamata: Phrynosomatidae) en una comunidad de bosque de pino-encino). Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, UNAM.

- ❖ Crowley, S. R. 1987. The effect of desiccation upon the preferred body temperature and activity level of the lizard *Sceloporus undulatus*. *Copeia* 1987, 25-31.
- ❖ Daut E. F. & R. M. Andrews. 1993. The effect of pregnancy on thermoregulatory behavior of the viviparous lizard *Chalcides ocellatus*. *Journal of Herpetology* 27: 6-13.
- ❖ Dunham A. E., B. W. Grant & K. L. Overall. 1989. Interfaces between biophysical and physiological ecology and the population ecology of terrestrial vertebrate ectotherms. *Physiological Zoology* 62: 335-355.
- ❖ **Dzialowski E. & M. P. O'Connor.** 2001. Thermal time constant estimation in warming and cooling ectotherms *Journal of Thermal Biology* 26: 231-245.
- ❖ 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.
- ❖ Grant B. W. & A. E. Dunham. 1988. Thermally imposed time constraints on the activity of the desert lizard *Sceloporus merriami*. *Ecology* 69: 167-176.
- ❖ Greenberg, N. 1976. Thermoregulatory aspects of behavior in the blue spiny lizard *Sceloporus cyanogenus* (Sauria: Iguanidae). *Behavior* 59, 1-21.
- ❖ Grenot C. J., L. Garcin, J. Dao, J. P. Hérold, B. Fahys & T. Pages. 2000. How does the European common lizard, *Lacerta vivipara*, survive the cold of winter *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 127: 71-80.
- ❖ Hernandez- Gallegos, O., F. R. Mendez de la Cruz, M. Villagran- Snta Cruz y R. M. Andrews. 2002. Continuous Spermetogenesis in the lizard *Sceloporus bicanthalis* (Sauria: Phynosomatidae) form high Elevation Habitat of central Mexico. *Herpetologica* 58:415-421.
- ❖ Hertz, P., Huey, R. & Stevenson, R. 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate questions. *Am. Nat.*, 142: 796-818.

- ❖ Huey, 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. Pages 25-91 *in* C. Gans and F. H. Pough, eds. *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. Physiology C. Academic Press, London.
- ❖ Huey R. B. & A. F. Bennett. 1987. Phylogenetic studies of coadaptation: Preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. *Evolution* 41: 1098- 1115.
- ❖ Huey, R. y Slatkin, M. 1976. Cost and benefits of lizard thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology*. Vol. 51, No. 3. pp: 363-384. p. 670.
- ❖ Kolher, G., y P. Heimes. 2002. *Stechelleguane*. Herpeton, Offenbach: Herpeton. 174 p.
- ❖ Lemos-Espinal J. A. & R. E. Ballinger. 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., R. E. Ballinger., S. Sanoja-Sarabia & G. R. Smith. 1997a. Thermal ecology of the lizard *Sceloporus mucronatus mucronatus* in Sierra del Ajusco, Mexico. *Southwestern Naturalist* 42: 344-347.
- ❖ Lemos-Espinal J. A., G. R. Smith & R. E. Ballinger. 1997b. Thermal ecology of the lizard, *Sceloporus gadoviae*, in an arid tropical scrub forest. *Journal of Arid Environments* 35: 311-319.
- ❖ Manríquez Moran, N. L. 1995. Estrategias reproductoras en las hembras de dos especies hermanas de lacertillos: *Sceloporus aeneus* y *Sceloporus bicanthalis*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- ❖ Manríquez Morán. N. L. 1995. Estrategias Reproductoras en las Hembras de dos Especies Hermanas de Lacertillos: *Sceloporus aeneus* y *Sceloporus bicanthalis*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.
- ❖ Mathies, T., y M. Andrews, 1997. Influence of pregnancy on the thermal biology of the lizard, *Sceloporus jarrovi*: do pregnant females exhibit low body temperatures? *Functional Ecology* 11:498-507.

- ❖ McGinnis, S. M. 1966. *Sceloporus occidentalis*; preferred body temperatura of the western fence lizard. *Science* 152:1090-1091.
- ❖ Melville, J. & Schulte II, J. 2001. Correlates of active body temperatures and microhabitat occupation in nine species of central Australian agamid lizards. *Austral Ecology*, 26: 660-669.
- ❖ Moreno-Gutierrez, O. 2011. Ecología térmica de una población de *Plestiodon brevirostris indubitus* (Squamata: Scincidae) al noroeste del estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.
- ❖ 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 de Chamela, Jalisco. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 413-419.
- ❖ **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.
- ❖ Pough, F.H., Andrews, R.M, Cadle, J.E., Crump, M.L. Savitzky, A.H., Wells K.D. (2001): *Herpetology*, second edition. Patience Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- ❖ Ramírez Bautista A., Hernández- Salinas U., García Vázquez U. O., Leyete-Manrique A., y L. Cansejco- Márquez. 2009. *Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. CONABIO.
- ❖ Rock J., R. M. Andrews & A. Cree. 2000. Effects of reproductive condition, season, and site on selected temperatures of a viviparous gecko. *Physiological and Biochemical Zoology* 73: 344-355.
- ❖ Rodríguez- Romero, F., Méndez R. F., García- Collazo R., Villagrán- Santa cruz M. 2002. Comparación del esfuerzo reproductivo de dos especies hermanas del Género *Sceloporus* (Sauria: Phrynosomatidae) con diferente modo reproductor. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. *Acta Zool. Mex.* (ns) 85: 181-188.
- ❖ Schwarzkopf L. & R. Shine. 1991. Thermal biology of reproduction in viviparous skinks, *Eulamprus tympanum*: why do gravid females bask more *Oecologia* 88: 562-569.

- ❖ Shawn, S., J. Sartorius, P. S. do Amaral, R. D. Durtsche, C. M. Deen y 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. y M. Kearney, 2001. Field studies of reptile thermoregulation: how well do physical models predict operative temperatures? *Functional Ecology* 15:282-288.
- ❖ Shine, R. y T. Madsen. 1996. Is thermoregulation unimportant for most reptiles? An example using water pythons (*Liasis fuscus*) in tropical Australia. *Physiological Zoology* 69:252-269.
- ❖ Sinervo B. & S. C. Adolph. 1989. Thermal sensitivity of growth rate in hatchling *Sceloporus* lizards: environmental, behavioral and genetic aspect. *Oecologia* 78: 411-419.
- ❖ Sinervo B. 1990. Evolution of thermal physiology and growth rate between populations of the western fence lizard (*Sceloporus occidentalis*). *Oecologia* 83: 228-237.
- ❖ Smith G. R. & R. E. Ballinger. 1994. Temperature relationships in the high-altitude viviparous lizard, *Sceloporus jarrovi*. *American Midland Naturalist* 131: 181-189.
- ❖ Smith G. R., R. E. Ballinger, 2001. The Ecological Consequences of Habitat and Microhabitat Use in Lizards: A review. *Contemporary Herpetology* 2001: 1-13.
- ❖ Smith G. R., R. E. Ballinger & J. D. Congdon. 1993. Thermal ecology of the high-altitude bunch grass lizard, *Sceloporus scalaris*. *Canadian Journal of Zoology* 71: 2152-2155.
- ❖ Smith, H, M. 1939. The Mexican and Central American lizards of the genus *Sceloporus* zoological series field museum of natural history serie 26:1- 397.
- ❖ Spencer, N. & Grimmond, N. 1994. Influence of elevation on the thermoregulation of two sympatric lizards. *New Zealand Journal of Zoology*, 21: 379-385.
- ❖ Stat.soft.Inc. (2004) STATISTICA (data analysis software system). Version 7. www.statsoft.com.

- ❖ Stearns, S. C., 1976. Life-History Tactics: A review of the ideas. *The Quarterly Review of Biology*. Vol. 51, No. 1, pp. 3-47.
- ❖ Stewart J. R. 1984. Thermal biology of the live bearing lizard *Gerrhonotus coeruleus*. *Herpetologica* 40: 349-355.
- ❖ Tosini G. & R. Avery. 1996. Pregnancy decreases set point temperatures for behavioral thermoregulation in the wall lizard *Podarcis muralis*. *Herpetological Journal* 6: 94-96.
- ❖ Trujillo-Cornejo, F. J. 2001. El medio ambiente térmico y la efectividad de la termoregulación en relación con la evolución del tipo de paridad de las lagartijas *Sceloporus bicanthalis* y *Sceloporus aeneus*. Unpublished B. Sc. Dissertation. Fes Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.
- ❖ Uribe-Peña, Z., A. Ramirez-Bautista, y G. Casas. 1999. Anfibios y reptiles de las Serranías del Distrito Federal, México. Cuadernos del Instituto de Biología N. 32, Universidad Nacional Autónoma de México.
- ❖ Van Damme, R., Bauwens, D. & Verheyen, R. 1987. Thermoregulatory responses to environmental seasonality by the lizard *Lacerta vivipara*. *Herpetologica*, 43 (4): 405-415.
- ❖ Vrcibradic D. & C. F. D. Rocha. 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.
- ❖ Waldschmidt S. & C. R. Tracy. 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.
- ❖ Zug, G.R., L.G. Vitt & G.P. Caldwell, 2001. *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians & Reptiles*. 2nd Edition, Academy Press. 630 pp.