



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Ecología térmica y uso de hábitat de una población  
de *Sceloporus megalepidurus*  
(SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE)  
que ocurre en los alrededores de la laguna  
de Atexcac, Puebla.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A  
ABEL EMILIO HERNÁNDEZ MÁRQUEZ



DIRECTOR DE TESIS: Dr. MANUEL FERIA ORTIZ

MÉXICO, CDMX.

2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**“ZARAGOZA”**

**DIRECCIÓN**

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
P R E S E N T E.**

Comunico a usted que el alumno **HERNÁNDEZ MÁRQUEZ ABEL EMILIO**, con número de cuenta **410033308**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **29 de marzo de 2016** a las **17:00 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** Dr. EFRAÍN REYES ÁNGELES CERVANTES

**SUPLENTE** M. en C. ALBERTO MÉNDEZ MÉNDEZ

El título de la tesis que presenta es: **Ecología térmica y uso de hábitat de una población de *Sceloporus megalepidurus* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) que ocurre en los alrededores de la laguna de Atexcac, 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 23 de febrero de 2016  
  
**DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ**  
DIRECTOR

DE ESTUDIOS  
SUPERIORES  
  
ZARAGOZA  
DIRECCIÓN

RECIBÍ  
OFICINA DE EXÁMENES  
PROFESIONALES Y DE GRADO

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

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento al **Dr. Manuel Feria Ortiz** porque sin su apoyo incondicional no hubiese sido posible la realización de este trabajo. Además quiero agradecer su amistad, paciencia, consejos, tiempo y ayuda que me brindo.

A **Isabel Márquez Velázquez** y a **Esteban Hernández Escobar** por darme el regalo de la vida, porque gracias a ellos soy quien soy, porque ustedes son una pieza clave para alcanzar esta meta, por todo eso y mucho más, muchas gracias mamá y papá.

A mis hermanos **Lucy, Manuel, Jesús, Oscar, Fernando** y **José †** por impulsarme y ayudarme en todo momento.

A mi tía **Concha** y mis primos **Martín** y **Chabela** por todas sus palabras de aliento, por su amistad y por todo el apoyo que me brindaron.

A mi mejor amigo **Erick** por su amistad, por todos sus consejos, porque cuando tuve algún tipo de dificultad siempre me brindo su ayuda incondicionalmente.

A mis sinodales: **Dr. Antonio Alfredo Bueno Hernández, M. en C. Carlos Pérez Malvárez, Dr. Efraín Reyes Ángeles Cervantes** y **M. en C. Alberto Méndez Méndez** por sus comentarios, sugerencias y observaciones las cuales enriquecieron y mejoraron el presente trabajo.

A mis amigos **Yode, Paola, Laura, Andrés, Fidel González** y **Fidel Buendía** por acompañarme a todo lo largo de la carrera, por esos gratos momentos que pasamos juntos, por todos sus consejos y por esas prácticas de campo inolvidables que pasamos juntos.

A mis compañeros y amigos de la herpeto-banda **Marianita, Mixtli, Ana Celic, Mr. Michael, Fernanda, Rodrigo, Isaac, Cristian, Alex, Charlie, Karen y Celic** por todas esas buenas charlas, por hacer mi estancia en el labo divertida, por ayudarme cuando así lo requería, por las bebidas embriagantes que nos tomamos en campo y por todos los momentos divertidos que pasamos juntos (Recuerdo esa ocasión cuando le dije al Doc. “Es neurotóxico, no me va a doler” XD XD XD. O.K. seré más responsable y cuidadoso, lo prometo)

Por último quiero agradecer a todas aquellas personas que tuvieron algo que ver en el desarrollo y formación de este trabajo, es decir, a quienes trabajan en las siguientes áreas: Secretaría técnica, servicios escolares, biblioteca, etc. Gracias por su amabilidad, atención y orientación.

## DEDICATORIA

A mis Padres y Hermanos por todo su cariño, paciencia, comprensión y apoyo en el desarrollo y finalización de este escrito.

*Dale vida a los sueños que alimentan el alma,  
no los confundas nunca con realidades vanas.  
y aunque tu mente sienta necesidad, humana,  
de conseguir las metas y de escalar montañas,  
nunca rompas tus sueños, porque matas el alma.*

*Dale vida a tus sueños aunque te llamen loco,  
no los dejes que mueran de hastío, poco a poco,  
no les rompas las alas, que son de fantasía,  
y déjalos que vuelen contigo en compañía.*

*dale vida a tus sueños y, con ellos volando,  
tocarás las estrellas y el viento susurrando,  
te contará secretos que para ti ha guardado  
y sentirás el cuerpo con caricias, bañado,  
del alma que despierta para estar a tu lado.*

*dale vida a tus sueños que tienes escondidos,  
descubrirás que puedes vivir estos momentos  
con los ojos abiertos y los miedos dormidos,  
con los ojos cerrados y los sueños despiertos.*

Mario Benedetti

## Tabla de contenido

Lista de Figuras y Cuadros.....	1
Lista de Figuras .....	1
Lista de Cuadros.....	2
Resumen .....	3
Introducción.....	4
Ecología térmica .....	4
Uso de hábitat.....	8
Antecedentes.....	8
Descripción de la especie .....	10
Justificación.....	12
Hipótesis.....	12
Objetivos .....	13
General.....	13
Específicos .....	13
Material y Método.....	14
Descripción de la zona de estudio .....	14
Trabajo de campo .....	17
Ecología térmica .....	18
Uso de hábitat.....	20
Análisis de los datos.....	21
Ecología térmica .....	21
Uso del microhábitat .....	22
Resultados .....	23
LHC y Peso.....	23
Ecología térmica .....	24
Temperaturas de campo. ....	24
Comportamiento térmico: Criterio de Huey y Slatkin.....	25
Eficiencia en la regulación de la temperatura.....	28
Uso de hábitat.....	31
Análisis de resultados.....	37

Peso y LHC.....	37
Temperaturas de campo.....	38
Ecología térmica .....	40
Uso de hábitat.....	43
Conclusiones.....	45
Bibliografía .....	46

# Lista de Figuras y Cuadros

## Lista de Figuras

Figura 1. *Sceloporus megalepidurus*. Foto tomada por Manuel Feria Ortiz. ♂ centro; ♀ derecha.

Figura 2. Localización espacial del Municipio de Guadalupe Victoria y de la zona de estudio.

Figura 3. Matorral xerófilo rosetófilo.

Figura 4. Gráfico de precipitación y temperatura.

Figura 5. Utilización del palito de bandera para capturar ejemplares de *S. megalepidurus*.

Figura 6. Gradiente térmico.

Figura 7. Análisis de regresión lineal para cada categoría entre la  $T_c$  vs  $T_s$  y  $T_c$  vs  $T_a$ .

Figura 8. Distribución de la  $T_c$ ,  $T_o$  e intervalo de  $T_{sel}$  para la población de *S. megalepidurus*.

Figura 9. Número de lagartijas observadas en cada tipo de microhábitat.

Figura 10. Número promedio de plantas por cada tipo de microhábitat.

Figura 11. Número de lagartijas observadas en cada microhábitat por categoría.

Figura 12. Uso de microhábitat de la población de *S. megalepidurus* por horas del día.

Figura 13. Uso de microhábitat de machos, hembras y jóvenes por época lluviosa y seca.

## Lista de Cuadros

Tabla 1. Promedios  $\pm$  1ES e intervalos de variación (entre paréntesis) para  $T_c$ ,  $T_s$  y  $T_a$  de machos, hembras y jóvenes de *S. megalepidurus*.

Tabla 2. Modelos de regresión entre la  $T_c$  y cada una de las temperaturas ambientales.

Tabla 3. Promedios  $\pm$ 1ES para el intervalo de  $T_{sel}$  y  $T_{sel}$  en  $^{\circ}\text{C}$  para la población y por cada categoría de *S. megalepidurus*.

Tabla 4. Índice de precisión, índice de calidad térmica del hábitat e índice de eficiencia térmica. Promedio  $\pm$ 1E

Tabla 5. Dimorfismo sexual en Longitud-Hocico-Cloaca (LHC) en algunas especies del género *Sceloporus* del mismo tamaño que *S. megalepidurus*.

Tabla 6. Promedio $\pm$ 1ES e intervalo de temperaturas seleccionadas $\pm$ 1ES para algunas especies del género *Sceloporus*.

## Resumen

Las reacciones químicas que dan lugar a la vida requieren de un intervalo estrecho de temperaturas. Sin embargo los hábitats que albergan la vida experimentan cambios drásticos de temperatura y los organismos deben hacer frente a estos cambios para sobrevivir. El control de la temperatura corporal es conocido como termorregulación. Este control es posible por medio de ajustes conductuales, fisiológicos y/o morfológicos. Por otra parte la selección de hábitat es un proceso por medio del cual un animal elige un recurso entre distintas alternativas disponibles. El recurso elegido puede proveer refugio, alimento y un buen sitio para termorregular. Este estudio se realizó con una población de *Sceloporus megalepidurus* en el periodo comprendido de agosto de 2012 a junio de 2013 en los alrededores de la laguna de Atexcac, Puebla. Se evaluaron los requerimientos térmicos de la especie, la calidad térmica del hábitat y el uso de hábitat. Se empleó el método propuesto por Hertz et al. (1993), el criterio de Huey y Slatkin (1976) (de manera modificada) y el método del transecto. En la población bajo estudio los machos fueron significativamente más grandes ( $\text{♂}$ :  $47.12 \pm 0.31$ - $\text{♀}$ :  $43.12 \pm 0.27$  mm) y pesados ( $\text{♂}$ :  $3.01 \pm 0.06$ - $\text{♀}$ :  $2.34 \pm 0.05$  g) que las hembras. Se obtuvo que *S. megalepidurus* es un termorregulador activo tanto por el método propuesto por Hertz et al. (1993) (Eficiencia en la termorregulación ( $E= 0.7$ ) así como por el criterio de Huey y Slatkin (1976) (Pendientes de las líneas de regresión más cercanas a 0 que a 1, interceptos de los modelos de las líneas de regresión mucho mayores que 0 y la variación de la Temperatura corporal ( $T_c$ ) fue mucho menor que la variación de la Temperatura del sustrato ( $T_s$ ) y Temperatura del aire ( $T_a$ ). Por otra parte el hábitat preferido por *S. megalepidurus* fue el soyate, el cual le brinda principalmente refugio y un buen lugar para termorregular.

# Introducción

## Ecología térmica

Dado que prácticamente todos los procesos bioquímicos, fisiológicos y de comportamiento se realizan mejor en temperaturas relativamente altas, la temperatura tiene un papel fundamental en la vida de los organismos. Además, ahora es claro que los organismos se desempeñan mejor en intervalos de temperatura estrechos y que, por lo tanto, cualquier organismo necesita no únicamente conseguir calor sino también mantener la temperatura de su cuerpo dentro de un intervalo óptimo, propio de su especie.

Los endotermos mantienen sus cuerpos en una temperatura óptima al regular la cantidad de energía térmica que ellos mismos generan a través de reacciones internas y la cantidad de energía térmica que es intercambiada con el ambiente. De este modo pueden permanecer activos a pesar de que existan fluctuaciones térmicas amplias en su ambiente. Sin embargo, requieren suministros constantes de energía. El frío no impide que realicen actividades cotidianas (búsqueda de alimento, cortejo y apareamiento, escape de depredadores, etc.) pero para que puedan lograrlo necesitan mayores cantidades de energía (consumir más alimento, Pough *et al.*, 2001).

A diferencia de los endotermos, los ectotermos son incapaces de regular la entrada y salida de calor corporal a través de mecanismos internos. También, producen muy poco calor metabólico y por lo tanto tienen que obtener el calor que necesitan a través de fuentes externas. Lo obtienen a través de tres vías: (i) por convección, al colocarse en sitios en donde hay corrientes de aire caliente, (ii) por radiación directa del sol, esto es, asoleándose y (iii) por conducción, al estar en contacto con algún sustrato cuya temperatura sea mayor a su temperatura corporal (Zug *et al.*, 2001; Muñoz, 2014). Contrariamente, pierden calor principalmente por convección, si el sitio en el que se encuentren el aire está más frío que su cuerpo, y por conducción si el sustrato involucrado es relativamente frío.

Debido a que no poseen mecanismos internos eficientes para regular la temperatura de su cuerpo, muchos ectotermos, tales como los reptiles, adoptan comportamientos que les permiten mantener una temperatura corporal más o menos estable. A la serie de procesos conductuales (y fisiológicos) que les permite regular la ganancia y pérdida de calor corporal, con el fin mantener temperaturas corporales favorables en niveles tales que puedan realizar sus funciones vitales de la mejor manera posible, se le denomina termorregulación (Huey y Pianka, 1977; Hertz, 1981 y Angilletta *et al.*, 1999).

Muchos reptiles termorregulan de manera eficiente, es decir, mientras están activos mantienen temperaturas corporales óptimas y relativamente estables, a pesar de las fluctuaciones térmicas ambientales. A estos organismos se les denomina termorreguladores activos. Por el contrario, otros reptiles, denominados termoconformistas, prácticamente no se ocupan en actividades termorregulatorias y en consecuencia su temperatura corporal tiende a ser similar a la de sus ambientes. Sin embargo, esta dicotomía, termoconformistas y termorreguladores activos es artificial. Realmente, la eficiencia con la cual un reptil regula su temperatura corporal varía de una especie a otra (Huey y Slatkin, 1976; Hertz *et al.*, 1993; Pough *et al.*, 2001).

La eficiencia en la termorregulación depende del ambiente térmico de los organismos. Si un reptil vive en un hábitat térmicamente heterogéneo, que le proporcione varias alternativas para regular su temperatura corporal, podrá lograr un control más preciso sobre la misma. Por el contrario hay situaciones en las cuales resulta muy costoso termorregular. Por ejemplo, en el caso de lagartijas que son de hábitos secretivos y viven en áreas con poco acceso a fuentes de calor externa (radiación, rocas calientes), puede resultar consumidor de tiempo y arriesgado buscar sitios adecuados para calentarse y elevar su temperatura corporal. En consecuencia, la eficiencia termorregulatoria de estas especies tiende a ser baja (López, 2005).

Se han propuesto algunos métodos o criterios para evaluar la eficiencia de la termorregulación. Uno consiste en medir la variabilidad de la temperatura corporal. De acuerdo a este criterio los organismos que exhiben poca variación en sus temperaturas corporales de actividad regulan cuidadosamente su temperatura corporal (Cowles y Bogert, 1944). Otro se basa en la regresión entre la temperatura corporal ( $T_c$ ) sobre la temperatura del aire o del sustrato en el que se encuentran los organismos (Huey y Slatkin, 1976). En este caso si la pendiente de la recta obtenida es uno se asume que el organismo no regula su temperatura corporal. Por el contrario, una pendiente de cero implica una termorregulación cuidadosa. Estos métodos no evalúan adecuadamente la eficiencia con la que un reptil regula su temperatura corporal. Por un lado, una varianza pequeña de las temperaturas corporales de actividad no necesariamente sugiere termorregulación cuidadosa. Por ejemplo, un reptil que no regule su temperatura corporal pero que viva en un ambiente térmicamente homogéneo experimentara variaciones ligeras en su  $T_c$  sin necesidad de realizar actividades termorregulatorias. El segundo es utilizado frecuentemente. Una relación positiva alta entre temperatura corporal y temperatura ambiental, si bien sugiere que la segunda ejerce un impacto importante sobre la primera no necesariamente sugiere ausencia de comportamiento termorregulatorio. Simplemente, el organismo puede elegir un microambiente por sus propiedades térmicas (Hertz *et al.*, 1993).

Hertz *et al.*, (1993) propuso un protocolo para evaluar la eficiencia de la regulación térmica en reptiles pequeños. Este protocolo necesita de tres variables para poder ser aplicado correctamente.

- 1) Intervalo de temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ). Es el intervalo de temperaturas corporales ( $T_{cs}$ ) que el ectotermo prefiere en ausencia de las restricciones presentes en su ambiente y es observada y registrada en condiciones controladas en el laboratorio.
  
- 2) Temperaturas operativas ( $T_o$ ). Son las temperaturas corporales que teóricamente alcanzarían los organismos si no realizaran ninguna actividad

termorregulatoria. Estas temperaturas, denominadas temperaturas operativas ( $T_o$ ), comúnmente se obtienen con la ayuda de modelos físicos con propiedades térmicas similares a las de los organismos bajo estudio, por ejemplo tubos de cobre de tamaño similar a los mismos.

- 3) Las temperaturas corporales de actividad de una muestra representativa de la población del ectotermo bajo estudio.

Hertz *et al.* (1993) propusieron calcular los siguientes índices:

- 1) Índice de exactitud en la termorregulación ( $d_b$ ). Es el valor absoluto de forma individual de la diferencia entre la  $T_c$  y el límite inferior o superior del Intervalo de  $T_{sel}$  (según el valor de  $T_c$ ). De este modo tenemos que valores altos de  $d_b$  indican poca exactitud, mientras que valores bajos (ceranos a cero) de  $d_b$  implican alta exactitud por parte del organismo.
- 2) Índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ). Definida por la desviación en número absoluto entre la  $T_o$  y la  $T_{sel}$ , siendo un indicador cuantitativo de la calidad térmica del hábitat desde la perspectiva del organismo. Valores altos indican baja calidad térmica y valores iguales o cercanos a cero son térmicamente ideales.
- 3) Eficiencia en la termorregulación ( $E$ ). Definida como  $E = 1 - (d_b/d_e)$ . Una  $E$  igual o cercana a cero indica que los animales no están termorregulando y por el contrario una  $E$  cercana a uno indicará que los animales están termorregulando eficientemente.

## Uso de hábitat

Varias especies de lagartijas exhiben diferentes preferencias por sustratos o microhábitats particulares, troncos de árbol, rocas con exposición al sol, ramas de determinado grosor, etc. La elección del microhábitat es una decisión crucial en la vida de los animales y una de las principales funciones del mismo es su uso para fines termorregulatorios y evasión de depredadores. Las lagartijas controlan su temperatura corporal en gran parte a través del uso de diferentes tipos de microhábitats. Esto es así debido a que las condiciones térmicas varían de un microhábitat (sitio) a otro, y depende de la tolerancia térmica de la lagartija el uso de los mismos (Bellairs *et al.*, 1975). Sin embargo, este comportamiento puede verse afectado por la competencia intraespecífica y depredación (Smith & Ballinger, 2001).

## Antecedentes

Los primeros trabajos que hablan sobre la relación que existe entre la Temperatura ambiental ( $T_{amb}$ ) y la  $T_c$  los realizaron Cowles y Bogert (1944) y Bogert (1949). Los primeros autores resaltaron que, contrariamente a lo que se pensaba en ese entonces, los reptiles no prefieren temperaturas altas (ver también, Cowles (1940)). También, entre otras cosas, resaltaron la rapidez con la que los reptiles absorben calor y el hecho de que los reptiles pequeños, a diferencia de los grandes, son capaces de aprovechar intervalos cortos de tiempo favorable (dada su tasa superficie/volumen relativamente alta). Bogert (1949), investigó el comportamiento térmico de reptiles de vida libre (no confinados en cercas, como lo hicieron Cowles y Bogert, 1944) y demostró nuevamente la capacidad termorregulatoria de los reptiles. Desde entonces el campo de estudio de la biología térmica en los reptiles se ha convertido en un tópico central dentro de la herpetología.

Se han abordado diferentes temas en los trabajos sobre termorregulación en lagartijas del género *Sceloporus*, de los cuales podemos mencionar los que relacionan la termorregulación con la fisiología, por ejemplo, gestación, sensibilidad

y esterilización testicular, desarrollo embrionario, entre otros (Licht, 1965; Beuchat, 1988) así como estudios ecológicos y evolutivos (Adolph, 1990; Lemos-Espinal et al., 1997; Andrews et al., 1999; Woolrich-Piña et al., 2006; Lara-Resendiz, 2008; Sinervo et al., 2010).

A pesar de la cantidad inmensa de información que existe acerca de la biología térmica en lacertilios, y dada la amplia diversidad de este grupo, aún existen muchas especies pobremente estudiadas o no estudiadas en absoluto. Tal es el caso de *Sceloporus megalepidurus*. Las primeras investigaciones sobre esta especie fueron de carácter taxonómico (Smith, 1934, 1939; Smith y Smith 1976), más adelante, Godínez-Cano (1985) realizó un trabajo sobre el ciclo reproductivo de *S. megalepidurus* en la parte oriental de Tlaxcala. Encontró que esta especie es vivípara. Además, mencionó que tiene un tamaño de camada de 2 crías por estación reproductiva con un patrón reproductivo estacional hacia los últimos meses del año. Seis años después, González-Ruíz (1991) trabajó con algunos aspectos de la ecología poblacional de *S. megalepidurus*, tales como comportamiento, alimentación, dimorfismo sexual y reproducción, y posteriormente González-Ruíz (2014) realizó un trabajo sobre dimorfismo sexual. Esta investigación arrojó que el dimorfismo sexual, en la población en estudio, está presente en la longitud hocico-cloaca y las longitudes del tronco, de la cabeza, de la cola, de la tibia y del antebrazo. Además, los machos fueron más pesados y coloridos que las hembras.

## Descripción de la especie

Varias especies de lagartijas del género *Sceloporus* son utilizadas como modelos en estudios ecológicos (Huey et al., 1983). Este trabajo focaliza su atención en *Sceloporus megalepidurus*, lagartija espinosa corredora (Liner & Casas-Andreu, 2008). Smith et al., (2006) describen a *S. megalepidurus* como una lagartija de talla pequeña ( $\approx 55$  mm), vivípara y de hábitos terrestres. Presenta una línea dorsolateral clara bordeada lateralmente por una banda amplia oscura que a su vez es bordeada por una línea lateral clara seguida por una amplia área oscura que se extiende a ambos lados del abdomen; el vientre de machos y hembras es immaculado. (Fig. 1)



Figura 1. *Sceloporus megalepidurus*. Foto tomada por Manuel Feria Ortiz. ♂ centro; ♀ derecha.

Presenta de 54 a 62 escamas dorsales; escamas laterales en filas oblicuas; de 13-18 poros femorales en un solo lado; de 4-8 escamas entre las series de poros femorales; un par de escamas post-anales agrandadas en machos. Una serie de escamas post-rostrales, usualmente 4; una cantal; supra-oculares en dos hileras (Smith et al., 2006).

Esta especie endémica de México habita en bosque de pino, bosque de encino, bosque mixto, pastizales y matorral xerófilo, en altitudes de 2100 a 2600 msnm. Se distribuye a lo largo de la Sierra Madre Oriental, desde el Sureste de Hidalgo, Norte y Este de Puebla, Oriente de Tlaxcala y el extremo centro-oeste de Veracruz (Köhler, 2002; Smith et al., 2006).

Se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT.2010 dentro de la categoría sujeta a protección especial (Pr), la IUCN le asigna la categoría de vulnerable (VU) y Wilson et. al., (2013) le asigna un valor de Cálculo de Vulnerabilidad Ambiental de 14, es decir, altamente vulnerable.

En este trabajo se pretende responder las siguientes cuestiones: a) ¿Qué tan variable es su temperatura corporal durante sus horas de actividad? b) ¿Puede asumirse que vive en un ambiente térmicamente favorable? c) ¿Mantienen su temperatura corporal dentro del intervalo de temperaturas que prefieren cuando se les coloca en un ambiente térmico de laboratorio? d) ¿Hay diferencias en el uso de los distintos microhábitats a lo largo del día entre los dos sexos? y e) ¿Hay variaciones en el uso de microhábitats entre los periodos de lluvias y secas?

## Justificación

El calor ambiental influye de forma directa en la temperatura corporal de los organismos ectotermos, como los reptiles. Dentro de este contexto, la temperatura ambiental influye en diversos procesos como la época reproductiva, determinación sexual, desarrollo embrionario, éxito de eclosión, maduración sexual, periodo de actividad y procesos metabólicos (Cowles y Burleson, 1944; Licht, 1965; Beuchat, 1988; Qualls y Andrews, 1999; Lourdais et al., 2004). Un grupo de reptiles muy diverso y también muy estudiado desde el punto de vista de la ecología térmica son los lacertilios. Los datos obtenidos sobre la ecología térmica son importantes no solo por la información biológica que representan sino también por su aplicación en otras áreas del conocimiento, como lo es el caso del calentamiento global (Sinervo et al., 2010). Además proveen información útil para comprender otros aspectos de su vida. *Sceloporus megalepidurus* es una especie endémica de México sujeta a protección especial y relativamente de distribución restringida. Las principales amenazas para esta especie son la disminución de su hábitat por el cambio de uso de suelo y el aumento de la temperatura ambiental (calentamiento global). Por tales motivos es necesario que se realicen estudios sobre esta especie.

## Hipótesis

La población de *S. megalepidurus* bajo estudio vive en un área con un clima de tipo semiseco templado en el cual se asienta un matorral xerófilo. Predominan diferentes tipos de plantas las cuales proporcionan diferentes ambientes térmicos disponibles para los organismos. Por lo tanto, se espera que *S. megalepidurus*, al igual que otras especies que viven en ambientes térmicamente heterogéneos, sea un termorregulador eficiente y mantenga su temperatura corporal dentro de su intervalo de temperaturas seleccionadas.

# Objetivos

## General

- Contribuir al conocimiento de la ecología térmica y el uso del microhábitat de una población de *S. megalepidurus* que ocurre en los alrededores de la laguna de Atexcac, Puebla.

## Específicos

- \* Estimar el intervalo de temperaturas corporales de actividad de *S. megalepidurus*.
- \* Caracterizar el intervalo de temperaturas preferidas de *S. megalepidurus* a través del uso de gradientes térmicos creados en laboratorio,
- \* Evaluar la calidad térmica del hábitat usado por *S. megalepidurus*.
- \* Estimar la precisión, exactitud y eficiencia con la que *S. megalepidurus* regula su temperatura corporal.
- \* Determinar si existen diferencias en el uso de microhábitat entre sexos y durante las épocas húmeda y seca.

## Material y Método

### Descripción de la zona de estudio

El área de estudio se localiza en la porción nororiental del Municipio de Guadalupe Victoria, Puebla (Fig. 2). Consiste en un área rectangular de alrededor de 23 166 m<sup>2</sup> delimitada por los paralelos 19°20'2.83" - 19°20'12.37" N y los meridianos 97°26'44.48" - 97°26'47.03" W. Se encuentra a una altura de 2436 metros sobre el nivel del mar. Pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico (Ferrusquía-Villafranca, 1993). El clima es BSkw(w), es decir, subtipo semiseco templado (CONABIO, 2011; INEGI, 2009a y c). El tipo de vegetación es una Matorral Xerófilo Rocetófilo (Fig. 3) del cual los elementos más característicos son especies de los géneros *Agave*, *Hechtia*, *Nolina* y *Dasyllirion*, que forman un estrato subarborescente espinoso y perennifolio a menudo bastante denso, debido a la reproducción vegetativa de muchos de sus componentes (Rzedowski, 2006). El rango de temperatura oscila entre los 8-14°C; el de precipitación oscila entre 300-900 mm. El suelo es de tipo Arenosol (INEGI, 2009b y c).

Se elaboró un climograma con datos de temperatura ambiental y precipitación mensual del año 2005 al año 2014 (Fig. 4). Los datos fueron obtenidos de la Estación La Noria en el municipio de Libres perteneciente a la Red-INFAP. La temperatura más baja se registró para el mes de Enero (8.57 °C) y la máxima en Mayo (15.42) mientras que la temperatura media anual fue de 12.71 °C. La mayor precipitación fue en Julio (104.63 mm) y la más baja en Enero (4.96 mm); la precipitación media anual fue de 42.28 mm.

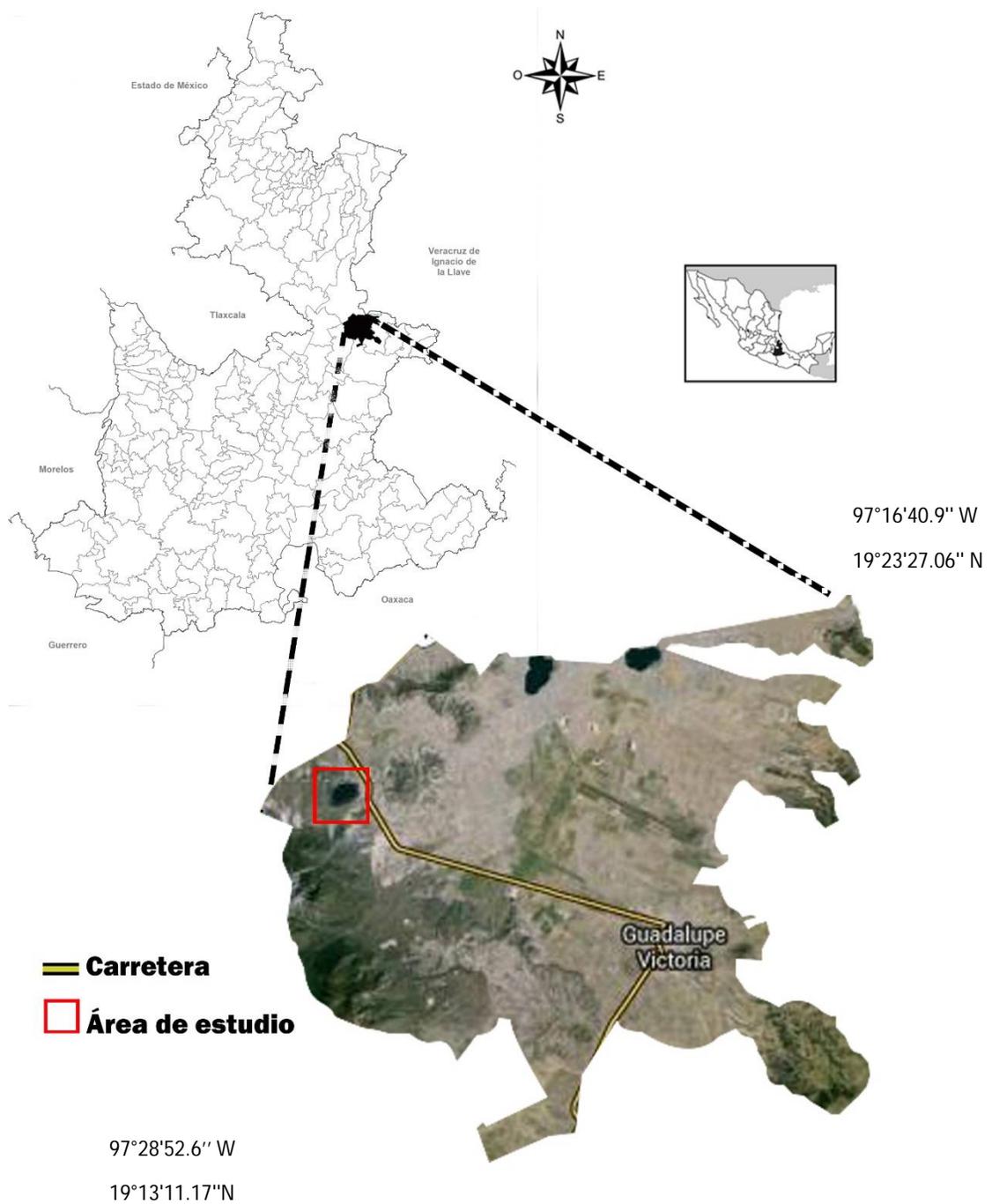


Figura 2. Localización espacial del Municipio de Guadalupe Victoria y del área de estudio en la laguna de San Luis Atexcac, Puebla. Se observan las coordenadas geográficas del municipio.

INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2010, versión 5.0.



Figura 3. Matorral xerófilo rosetófilo el cual presenta una asociación *Agave* (centro), *Nolina* (esquina superior izquierda) y *Dasyllirion* en la laguna de Atexcac.

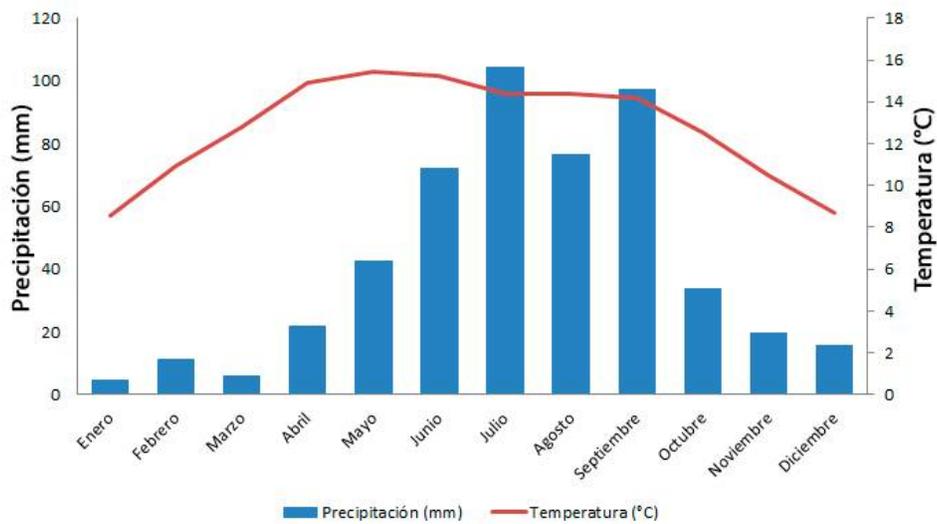


Figura 4. Gráfico de precipitación y temperatura del 2005 al 2014. Tomado de Red-INFAP estación La Noria.

## Trabajo de campo

Se realizaron 9 salidas mensuales al área de estudio en el periodo de agosto de 2012 a Junio de 2013. Cada salida tuvo una duración de tres días. Se abarcó la época de lluvias (Ago, Sep, May y Jun) y secas (Oct, Nov, Feb, Mar y Abr). La búsqueda de ejemplares se llevó a cabo de 9:00 a 18:00 horas. La captura se realizó de forma manual y/o con la ayuda de un palito de madera para bandera de 60 cm de longitud. El palito de madera se utilizó para alejar a la lagartija de su escondite o para atraparla (presionándola contra las hojas) (Fig. 5).



Figura 5. Utilización del palito de bandera para capturar ejemplares de *S. megalepidurus*.

## Ecología térmica

*Trabajo de campo.* Posterior a la captura se procedió a la toma de Temperatura corporal ( $T_c$ ). Este proceso consistió en introducir suavemente el extremo del termopar del termómetro dentro de la cloaca del organismo (1 cm aproximadamente), inmediatamente después se registró la lectura correspondiente de la pantalla del termómetro. No se registraron los datos obtenidos de aquellas lagartijas que se manipularon por más de un minuto. Además se registraron: (i) Temperatura del aire ( $T_a$ ). Se tomó con el bulbo del termopar a la sombra y un centímetro por encima del sustrato donde se observó por primera vez a la lagartija y (ii) la Temperatura del sustrato ( $T_s$ ). Esto se hizo colocando el bulbo del termopar directamente sobre el sustrato. Las tres temperaturas se registraron con un termómetro Fluke® 53-II B de lectura rápida con precisión de 0.1°C.

También se registró: (i) fecha y hora de captura, (ii) si se encontraba en sol o sombra, (iii) edad [adulto ( $\text{♂}$ : LHC > 39 mm;  $\text{♀}$ : LHC >37 mm), juvenil ( $\text{♂}$ : LHC  $\geq$  25 mm pero menor que 39 mm y  $\text{♀}$  LHC  $\geq$  25 mm pero menor que 37 mm) y cría (todas las lagartijas con LHC < 25 mm)], (iv) sexo, (v) LHC, (vi) peso corporal y (vii) si el día estaba nublado o soleado. La LHC se midió con un calibrador digital de 6" milimétrico y standard Truper CALDI-6MP con precisión de 0.01 mm y el peso con una balanza digital US-ACE con una precisión de 0.01g. La distinción entre jóvenes y adultos se hizo con base en los datos de tamaño mínimo en la madurez sexual reportados por González-Ruíz (1991).

Simultáneamente a la colecta se realizó el registro de las Temperaturas operativas ( $T_o$ ) cada media hora con 7 modelos de cobre de 5 cm de longitud y 1.27 cm de diámetro, los cuales se colocaron en cada microhábitat donde se observó un individuo.

### *Trabajo de laboratorio.*

Para determinar el intervalo de Temperatura corporal seleccionada ( $T_{sel}$ ) los organismos se colocaron en un terrario de vidrio de 100cm de longitud X 40 cm de

ancho X 40 cm de alto. Se colocó un individuo a la vez para evitar el contacto entre individuos e inhibir conductas territoriales o reproductoras.

El gradiente térmico se generó con un foco de 300 w colocado en un extremo del terrario a una altura de 20 cm de la base del terrario y dos charolas de hielo en el otro extremo (colocadas debajo de la base, Fig. 6). Los organismos fueron alimentados a base de insectos (tenebrio y grillo) y se mantuvo la humedad con un toallita de papel húmeda.

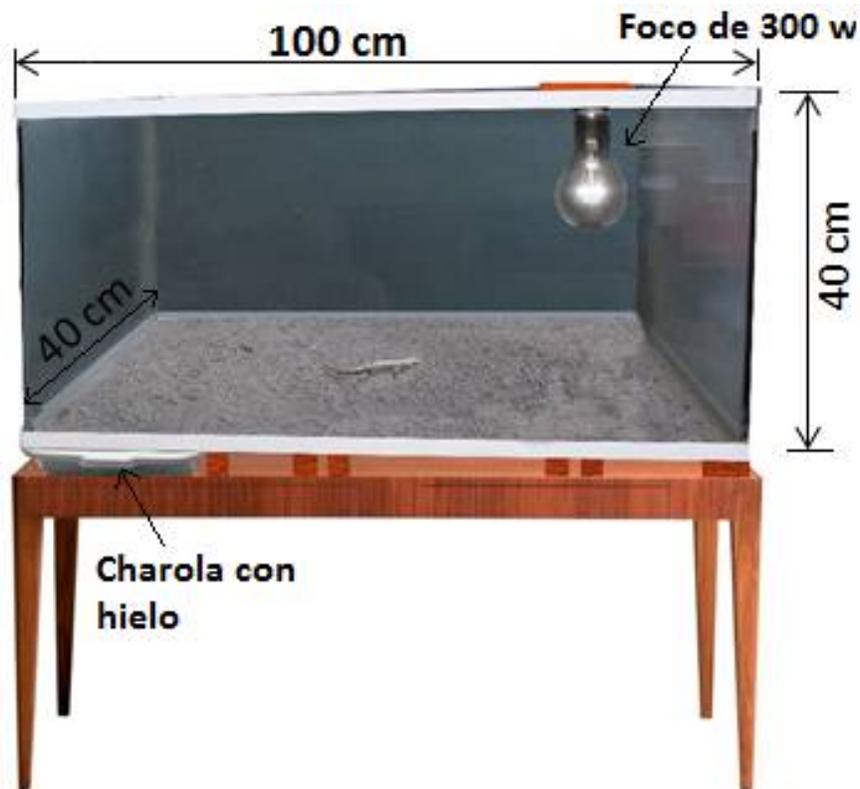


Figura 6. Gradiente térmico.

Todos los individuos se aclimataron durante media hora en el gradiente térmico previo al registro de datos. A cada individuo se le registro su Tc cada media hora durante 2 horas con una repetición al siguiente día.

### **Uso de hábitat**

Al capturar a un ejemplar se registró si se encontraba en (i) sotol (*Dasyllirion*), (ii) soyate (*Nolina*), (iii) nopal (*Opuntia*), (iv) suelo o (v) guapilla (*Hechtia*). Aunado a esto se registró la frecuencia de estas mismas plantas de la siguiente forma: Se utilizaron cuerdas de plástico flexible para delimitar tres transectos de 10 m de ancho x 100 m de largo. Posteriormente en cada transecto se contó el número de cada uno de los cuatro tipos de plantas involucradas.

## Análisis de los datos

Para cada sexo se calculó el promedio y el error estándar de la LHC y el peso corporal. Para evaluar si existen diferencias significativas en el peso y la LHC promedio de machos y hembras realizaron dos análisis de varianza (ANOVA) de una vía (uno por variable).

## Ecología térmica

Se comparó la ecología térmica de tres grupos intra-poblacionales: hembras y machos adultos y jóvenes. Para cada grupo se obtuvieron promedios  $\pm$  1ES e intervalos de variación. Se evaluaron los datos con el fin de checar si cumplían las suposiciones de homocedasticidad y normalidad propias de las pruebas paramétricas estándar (pruebas de t y de F). Debido a que los datos no se ajustaron a las suposiciones señaladas, se realizaron pruebas no paramétrica de Kruskal-Wallis para evaluar estadísticamente las diferencias en  $T_c$ ,  $T_a$  y  $T_s$  de machos adultos, hembras adultas y jóvenes.

Se utilizó el criterio de Huey y Slatkin (1976) (de manera modificada) como una herramienta para evaluar el comportamiento termorregulatorio de *S. megalepidurus*. Se analizó la relación de  $T_c$  vs  $T_s$  y  $T_c$  vs  $T_a$  a través de un análisis de regresión lineal de mínimos cuadrados para determinar en qué medida la  $T_c$  dependió de la temperatura de su ambiente. Se consideró que las lagartijas fueron termorreguladoras activas si la pendiente de la recta fue igual a cero y si la varianza en la temperatura corporal fue menor que en la temperatura ambiental.

Una pendiente igual a 1 indicaría que la temperatura del microambiente (del aire o del sustrato) en el que se encontró la lagartija tiene una importancia crítica en su temperatura corporal. Sin embargo, esto no necesariamente indicaría ausencia de comportamiento termorregulatorio. Un mecanismo termorregulatorio puede consistir en frecuentar sustratos o microambientes térmicamente adecuados (Hertz et al. 1993).

Para evaluar la eficiencia del comportamiento se empleó el método propuesto por Hertz *et al.*, (1993)

### **Uso del microhábitat**

Se calcularon los porcentajes de uso de los diferentes microhábitats al dividir el número de individuos observados en un microhábitat particular (por ejemplo soyate) entre el número de individuos totales. Estos valores se calcularon tanto para toda la población como para cada uno de los tres grupos señalados arriba. También se calcularon estos mismos valores para las estaciones seca y húmeda.

Para evaluar si los organismos prefieren algún microhábitat particular se procedió como sigue. Primero se estimaron las frecuencias de ocurrencia de cada tipo de planta en el hábitat. En seguida, para cada tipo de planta, se sumaron las cantidades registradas en cada transecto y el resultado se dividió por tres. Por último, se usó una prueba de Ji cuadrada ( $X^2$ ) para comparar los valores de frecuencia de uso de los microhábitats con los valores de frecuencia de ocurrencia de los mismos. Este procedimiento se hizo para cada uno de los grupos considerados (jóvenes, hembras y machos). En algunas comparaciones se tuvieron valores de frecuencia menores a 5 y en consecuencia se aplicó una prueba exacta de Fisher.

Se utilizaron los programas Stata 11.0 y Statistica 7 para realizar las pruebas señaladas y construir las gráficas correspondientes. En todas las pruebas realizadas se utilizó un nivel de significancia de 0.05.

## Resultados

### LHC y Peso

Se registraron datos de temperatura a un total de 190 organismos; 91 hembras (82 adultas y 9 Jóvenes) y 99 machos (89 adultos y 10 Jóvenes). Los promedios  $\pm$  1ES e intervalos de variación (entre paréntesis) del peso y longitud hocico cloaca (LHC) para 183 de los 190 ejemplares fueron  $2.58 \pm 0.05$  g (1.12 – 4.44 g) y  $44.47 \pm 0.3$  mm (22.1 – 42.3 mm) respectivamente.

Los machos y hembras adultos presentaron un peso promedio de  $3.01 \pm 0.06$  (1.7-4.44g) y  $2.34 \pm 0.05$  (1.38-3.75g) respectivamente. Esta diferencia en el peso fue estadísticamente significativa ( $F = 64.44$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.00$ ). Además los machos presentaron una LHC promedio de  $47.12 \pm 0.31$  (40.53-53.08mm) y las hembras de  $43.12 \pm 0.27$  (37.41-48.75mm). Al igual que con el peso, esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $F = 87.96$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.00$ ). En esta población los machos resultaron ser más grandes y pesados que las hembras.

Los organismos jóvenes capturados variaron en tamaño y peso de 32.4 a 38.81 mm ( $36.75 \pm 0.41$  mm) y de 1.12 a 1.82 g ( $1.39 \pm 0.04$  g) respectivamente.

## Ecología térmica

Temperaturas de campo.

La  $T_c$  promedio de *S. megalepidurus* en San Luis Atexcac, Puebla fue  $31.73 \pm 0.23$  °C (22.1 - 42.3). En la tabla 1 se muestran los resúmenes estadísticos de la  $T_c$ ,  $T_s$  y  $T_a$  para las diferentes categorías de *S. megalepidurus*.

**Tabla 1. Promedios  $\pm$  1ES e intervalos de variación (entre paréntesis) para  $T_c$ ,  $T_s$  y  $T_a$  de machos, hembras y jóvenes de *S. megalepidurus*.**

Grupo	N	$T_c$ (°C)	$T_s$ (°C)	$T_a$ (°C)
Machos	89	$31.67 \pm 0.3$ (23.4-36.2)	$30.56 \pm 0.44$ (18.6-46)	$29.24 \pm 0.39$ (18.6-36.3)
Hembras	82	$32.16 \pm 0.33$ (23.2-42.3)	$30.35 \pm 0.43$ (21.9-42.7)	$29.23 \pm 0.38$ (21.6-39.3)
Jóvenes	19	$30.18 \pm 1.01$ (22.1-37.2)	$29.33 \pm 1$ (21.1-36.2)	$28.32 \pm 0.98$ (21.2-35.5)

La temperatura corporal promedio varió ligeramente entre los grupos considerados. Fue menor en los jóvenes que en los adultos. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas ( $H = 2.97$ ;  $gl = 2$ ;  $p = 0.22$ ) y los intervalos de variación son muy similares. Aunado a esto, las temperaturas promedio del sustrato y del aire solo fueron ligeramente distintas en los tres grupos y las diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $H = 1.17$ ;  $gl = 2$ ;  $p = 0.55$  y  $H = 0.74$ ;  $gl = 2$ ;  $p = 0.68$  para la  $T_s$  y  $T_a$  respectivamente).

En los tres grupos la  $T_c$  fue mayor que la  $T_s$  y la  $T_a$ . Estas diferencias fueron estadísticamente significativas en machos y hembras ( $H = 20.34$ ;  $gl = 2$ ;  $p = 0.00$  y  $H = 32.32$ ;  $gl = 2$ ;  $p = 0.00$  respectivamente) mientras que en jóvenes no hubo diferencia significativa ( $H = 1.60$ ;  $gl = 2$ ;  $p = 0.44$ ).

Se encontraron diferencias significativas en la  $T_c$  promedio registrada por cada tipo de microhábitat ( $H = 5.12$ ;  $gl = 5$ ;  $p = 0.00$ ). Estas diferencias se presentan entre la  $T_c$  promedio de organismos capturados en soyate-guapilla ( $p = 0.01$ ) y sotol-guapilla ( $p = 0.01$ ), es decir, la  $T_c$  registrada en soyate ( $32.41 \pm 0.26$ ) y sotol ( $32.54 \pm 0.62$ ) es estadísticamente mayor que la  $T_c$  registrada en guapilla ( $28.37 \pm 1.11$ ).

*Comportamiento térmico: Criterio de Huey y Slatkin.*

Excepto en el caso de los jóvenes, las pendientes de las líneas de regresión fueron más cercanas a cero que a uno (Tabla 2, Fig. 9). De acuerdo al criterio de Huey y Slatkin (1976) estos valores sugieren que las lagartijas están termorregulando. Además, excepto por los jóvenes, la temperatura corporal de los organismos varía mucho menos que la temperatura de su microambiente (Tabla 2). Se espera que en lagartijas termoconformistas la temperatura corporal sea tan variable como la de su ambiente. Por lo tanto, la diferencia en las variancias de las temperaturas corporal y del microambiente (sustrato y aire) también sugiere la existencia de mecanismos termorregulatorios.

Asimismo, excepto en el caso de los jóvenes, los interceptos de los modelos de las líneas de regresión son mucho mayores que cero (Tabla 2, Fig. 9). De acuerdo a Van Damme *et al.* (1987) en los organismos termoconformistas el intercepto de la línea de regresión debe ser cero o cercana a cero (se espera que  $T_c = T_a$  o  $T_s$ ). No obstante, si los organismos mantienen temperaturas corporales cerca de la temperatura máxima que puedan alcanzar en su ambiente el valor del intercepto debe ser mucho mayor a cero.

En consecuencia, las pendientes, los interceptos y las varianzas de las temperaturas involucradas ( $T_c$ ,  $T_s$  y  $T_a$ ) sugieren que los organismos adultos regulan su temperatura corporal para mantenerla en niveles relativamente altos.

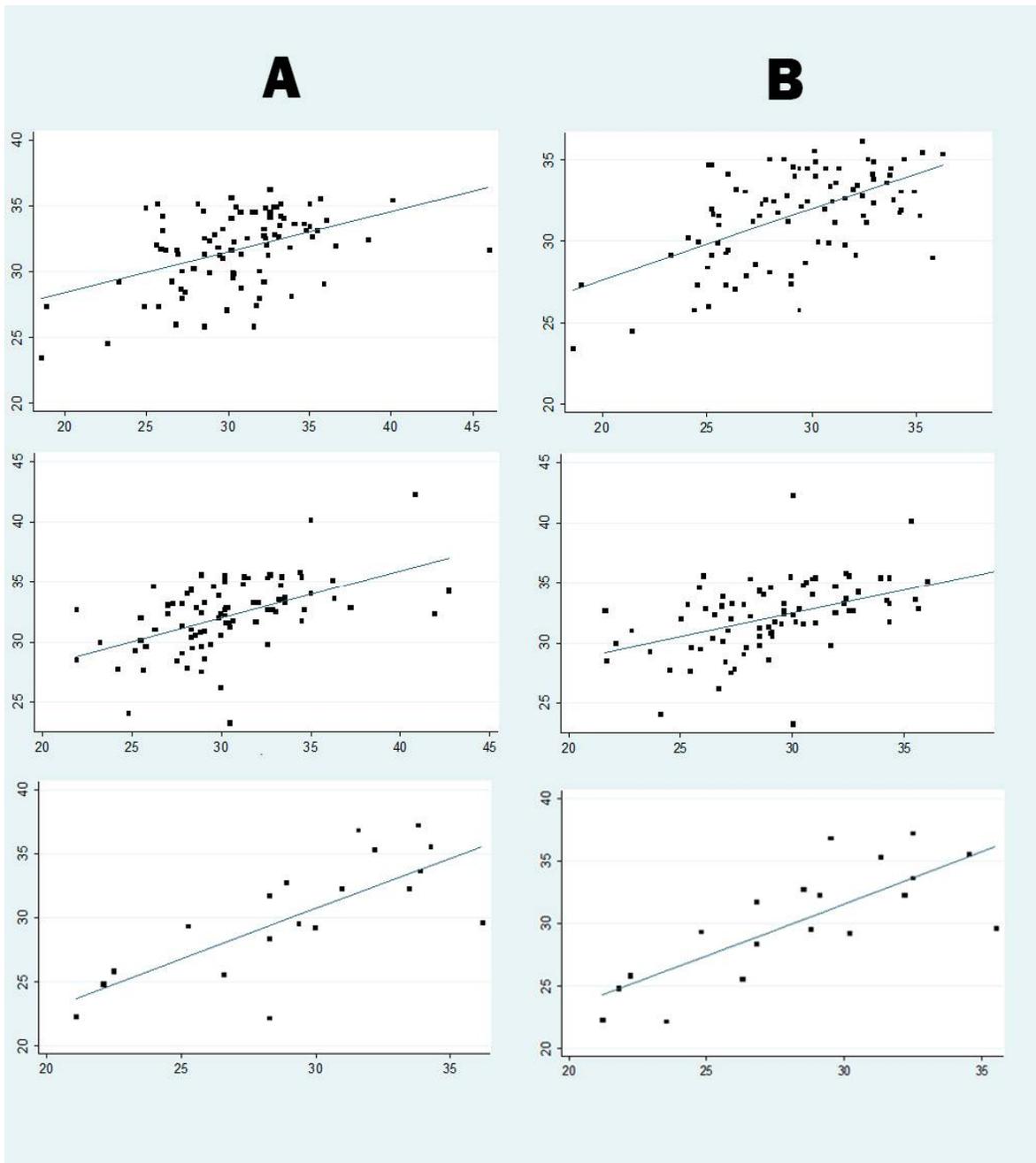


Figura 7. Análisis de regresión lineal para cada categoría entre la  $T_c$  vs  $T_s$  y  $T_c$  vs  $T_a$ . Las gráficas de la columna A muestran la relación entre  $T_c$  y  $T_s$  y la columna B la relación entre  $T_c$  y  $T_a$ . Arriba machos, al centro hembras y abajo jóvenes.

**Tabla 2. Modelos de regresión entre la  $T_c$  y cada una de las temperaturas ambientales. También se muestran las varianzas de las temperaturas registradas.  $T_c$ ,  $T_a$  y  $T_s$  = Temperaturas corporal, del aire y del sustrato, respectivamente,  $r^2$  = coeficiente de determinación,  $\beta$  y  $\alpha$  = pendiente y ordenada al origen de la recta de regresión.**

	Línea de regresión			Varianza		
	$r^2$	$\beta$	$\alpha$	$T_c$	$T_s$	$T_a$
<b><math>T_c</math> vs <math>T_s</math></b>						
Machos	0.19	0.30	22.38	8.19	17.42	13.84
Hembras	0.27	0.39	20.14	8.93	15.50	12.15
Jóvenes	0.55	0.78	7.03	21.17	18.91	18.30
<b><math>T_c</math> vs <math>T_a</math></b>						
Machos	0.31	0.43	19.03			
Hembras	0.20	0.38	20.80			
Jóvenes	0.59	0.83	6.64			

Las  $T_c$  promedio de las lagartijas observadas al sol y a la sombra fueron  $31.75 \pm 0.34$  °C (22.1 - 42.3 °C),  $n=102$  y  $31.70 \pm 0.31$  (23.4-36.8 °C)  $n=88$ , respectivamente. No se detectaron diferencias significativas entre estos promedios ( $H = 0.00$ ;  $gl = 1$ ,  $p = 0.92$ ). Por otra parte las  $T_c$  y  $T_s$  promedio para las época lluviosa y seca fueron [ $31.68 \pm 0.44$  °C (22.1 - 42.3 °C) y  $31.76 \pm 0.25$  °C (23.2-40.1 °C)] y [ $29.99 \pm 0.55$  (21.1-46) y  $30.55 \pm 0.33$  °C (18.6-41.9)] respectivamente. Tampoco se encontraron diferencias significativas en estos valores ( $H = 0.20$ ;  $gl = 1$ ,  $p = 0.64$ ) y ( $H = 1.43$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.23$ ) respectivamente. Sin embargo, si se detectaron diferencias significativas entre los  $T_a$  promedio de las épocas seca y húmeda, ( $H = 5.88$ ;  $gl = 1$ ,  $p = 0.01$ ), exhibiendo una  $T_a$  mayor en secas  $29.65 \pm 0.33$  °C (18.6-39.3) que en lluvias  $28.28 \pm 0.42$  °C (21.2-35.2).

### Eficiencia en la regulación de la temperatura

Se registró un total de 66  $T_o$  dentro del horario de actividad de *S. megalepidurus* (09:00 a 18.00 horas). Incluyeron las temperaturas registradas en sombra y sol directo. La  $T_o$  promedio fue de  $26.53 \pm 0.89$  (16.5 - 51.6). En la figura 10 se observa la distribución de la  $T_o$ , la  $T_c$  y el intervalo de temperatura seleccionada ( $T_{sel}$ ). Se observa que la relación existente entre  $T_c$  y  $T_{sel}$  es más estrecha que la relación entre  $T_o$  y  $T_{sel}$ , además la  $T_o$  está mayoritariamente por debajo de  $T_c$  y  $T_{sel}$ .

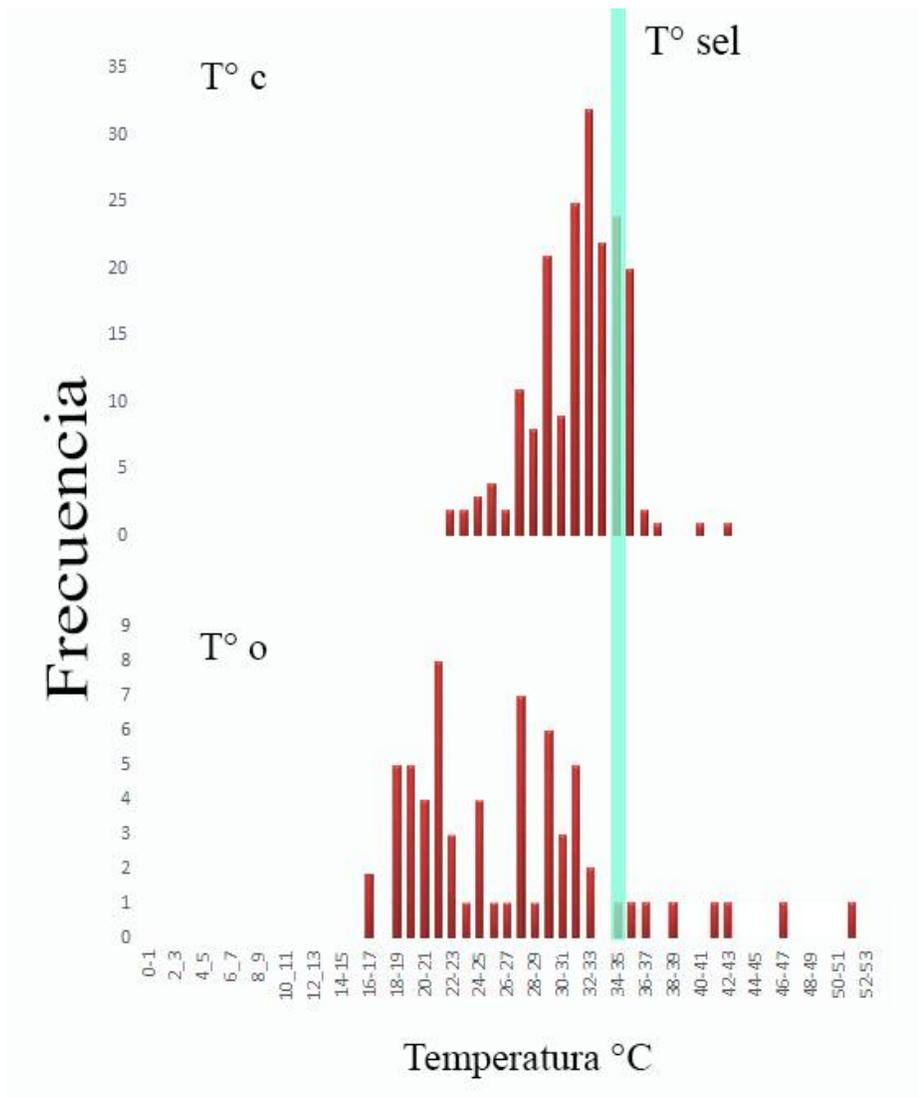


Figura 8. Distribución de la  $T_c$  (arriba),  $T_o$  (abajo) e intervalo de  $T_{sel}$  (franja de color azul) para la población de *S. megalepidurus*.

13.68 % de las  $T_c$  se encontraron dentro del intervalo de temperaturas seleccionadas. En muchos casos la  $T_c$  estuvo cerca del  $T_{sel}$  y hubo algunos casos en los que la  $T_c$  estuvo muy alejada del intervalo de temperaturas preferidas. Sólo una  $T_o$  cae dentro del intervalo de temperaturas preferidas. Además en la mayoría de los casos la  $T_o$  es demasiado baja y, por el contrario, hay muy pocas  $T_o$  relativamente altas. Esto sugiere que la temperatura del ambiente ofrece pocas oportunidades para que las lagartijas eleven su temperatura corporal y la mantengan dentro del intervalo de temperaturas preferidas.

La  $T_{sel}$  promedio para la población de *S. megalepidurus* fue de  $34.68 \pm 0.18$  °C (30.8-38). En la tabla 3 se muestran los resúmenes estadísticos para el intervalo de  $T_{sel}$  y la  $T_{sel}$  promedio para cada categoría y para la población. Nótese la poca amplitud del intervalo (alrededor de 1 °C en todos los grupos).

**Tabla 3. Promedios  $\pm 1ES$  para el intervalo de  $T_{sel}$  y  $T_{sel}$  en °C para la población y por cada categoría de *S. megalepidurus*.**

Categoría	n	Intervalo de temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ °C)	$T_{sel}$
Población	32	$34.1 \pm 0.24$ - $35.26 \pm 0.23$	$34.68 \pm 0.18$
Machos	14	$34.04 \pm 0.4$ - $35.07 \pm 0.36$	$34.56 \pm 0.28$
Hembras	14	$34.42 \pm 0.35$ - $35.72 \pm 0.37$	$35.07 \pm 0.28$
Jóvenes	4	$33.18 \pm 0.025$ - $34.33 \pm 0.11$	$33.75 \pm 0.22$

Los valores de los tres índices ( $d_b$ ,  $d_e$  y  $E$ ) fueron similares en hembras y machos adultos y en todos los organismos en conjunto (Tabla 3). Además, dentro de estos tres grupos, el valor de  $d_e$  es más de tres veces el de  $d_b$ . Esto sugiere que los organismos alcanzan temperaturas relativamente cercanas a su  $T_{set}$  a pesar de que la temperatura de su ambiente tiende a evitarlo. Los índices relativamente altos de eficiencia termorreguladora apoyan esta idea. Los jóvenes tienen valores de  $d_b$  más altos en comparación con los otros grupos (Tabla 3). Esto es, en comparación con los adultos, las temperaturas corporales de actividad están más alejadas de su  $T_{set}$ . Esto se refleja en el valor de eficiencia térmica más bajo.

No se encontraron diferencias significativas entre categorías en el  $d_b$  ( $H = 3.16$ ;  $gl = 2$ ;  $p = 0.20$ ) y  $d_e$  ( $H = 1.80$ ;  $gl = 2$ ;  $p = 0.40$ ).

**Tabla 4. Índice de precisión ( $d_b$ ), índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) e índice de eficiencia térmica ( $E$ ). Promedio $\pm$ 1ES**

<b>Categoría</b>	$d_b$	$d_e$	$E$
<b>Población</b>	2.77 $\pm$ 0.2	9.09 $\pm$ 0.61	0.7
<b>Machos</b>	2.61 $\pm$ 0.28	9.06 $\pm$ 0.60	0.71
<b>Hembras</b>	2.71 $\pm$ 0.27	9.33 $\pm$ 0.61	0.71
<b>Jóvenes</b>	4.05 $\pm$ 0.8	8.39 $\pm$ 0.60	0.52

Los índices para la época de lluvias fueron  $d_b = 3.43\pm 0.34$ ,  $d_e = 9.14\pm 0.96$  y  $E = 0.62$ ; para secas  $d_b = 2.28\pm 0.23$ ,  $d_e = 9.06\pm 0.8$  y  $E = 0.75$ . Los valores del índice de la calidad térmica del ambiente ( $d_e$ ) sugieren que no hay diferencias en las condiciones térmicas de las épocas lluviosa y seca. Por lo tanto las diferencias en los valores de  $d_b$  y  $E$  (y por lo tanto de las temperaturas corporales) no se deben a factores ambientales.

Hubo diferencias significativas en el  $d_b$  entre épocas ( $H = 4.49$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.03$ ) mientras que para el  $d_e$  no hubo diferencias significativas entre épocas ( $H = 0.06$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.93$ ).

## Uso de hábitat

La figura 11 muestra el número de organismos observados en cada tipo de microhábitat. La mayoría (44.21%) se observó entre las hojas de *Nolina* sp (soyate). Un número similar de organismos se vio sobre *Dasyllirion* sp (sotol) y *Agave* sp (maguey). También, un número similar de lagartijas (17.9%) se observaron activas sobre el suelo. Los microhábitat en donde se observaron menos organismos fueron *Hechtia* sp (guapilla) y *Opuntia* sp (nopal) (Fig. 9). Estas diferencias en la frecuencia de uso entre los distintos microhábitat fueron estadísticamente significativas ( $X^2 = 132.67$ ;  $gl = 5$ ;  $p = 0.00$ ), lo cual sugiere una preferencia por el soyate.

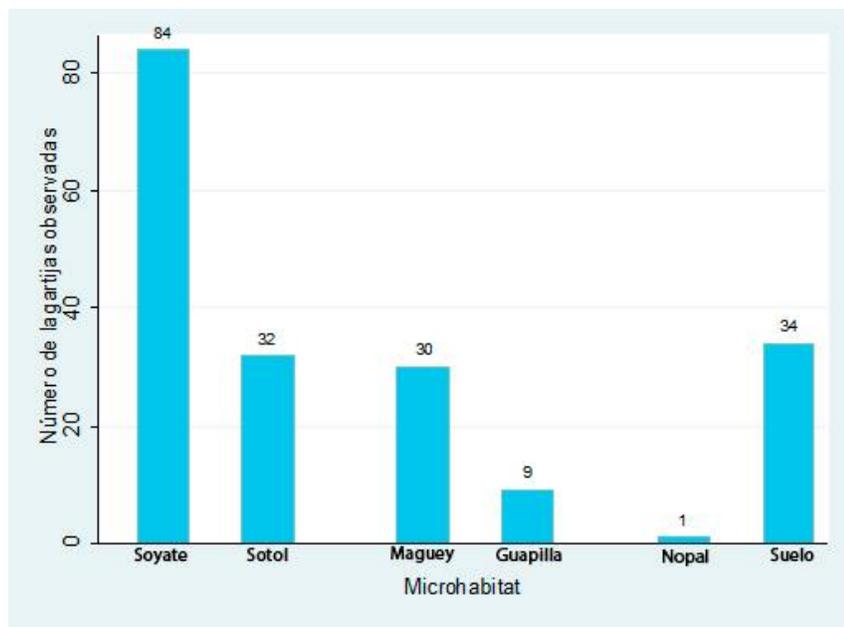


Figura 9. Número de lagartijas observadas en cada tipo de microhábitat.

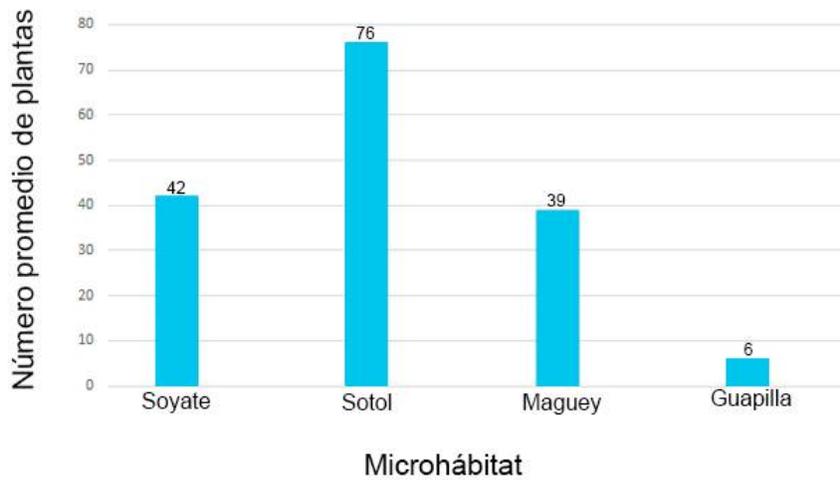


Figura 10. Número promedio de plantas por cada tipo de microhábitat.

De los cuatro tipos de plantas más comúnmente usadas por *S. megalepidurus*, la más abundante fue el sotol (Fig. 10). El 46.6% del total de plantas registradas en los transectos fueron sotoles. Las segundas más abundantes fueron el soyate y el maguey (25.7 y 23.9%, respectivamente), y la que tuvo menos abundancia fue la guapilla (3.7%).

Las abundancias de las plantas utilizadas por las lagartijas difieren significativamente en las frecuencias con las que éstas son usadas por *S. megalepidurus* ( $X^2 = 33.51$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0.00$ ). Por ejemplo, las lagartijas utilizan o se encuentran con mayor frecuencia en el soyate que en las otras plantas. Sin embargo, la abundancia de ésta planta en el hábitat es relativamente baja. En contraste, el sotol, que es la planta más abundante en el área de estudio, es usado únicamente con frecuencia moderada por la especie bajo estudio (Fig. 9). Esto sugiere que *S. megalepidurus* prefiere usar más el soyate que el sotol, el maguey o la guapilla.

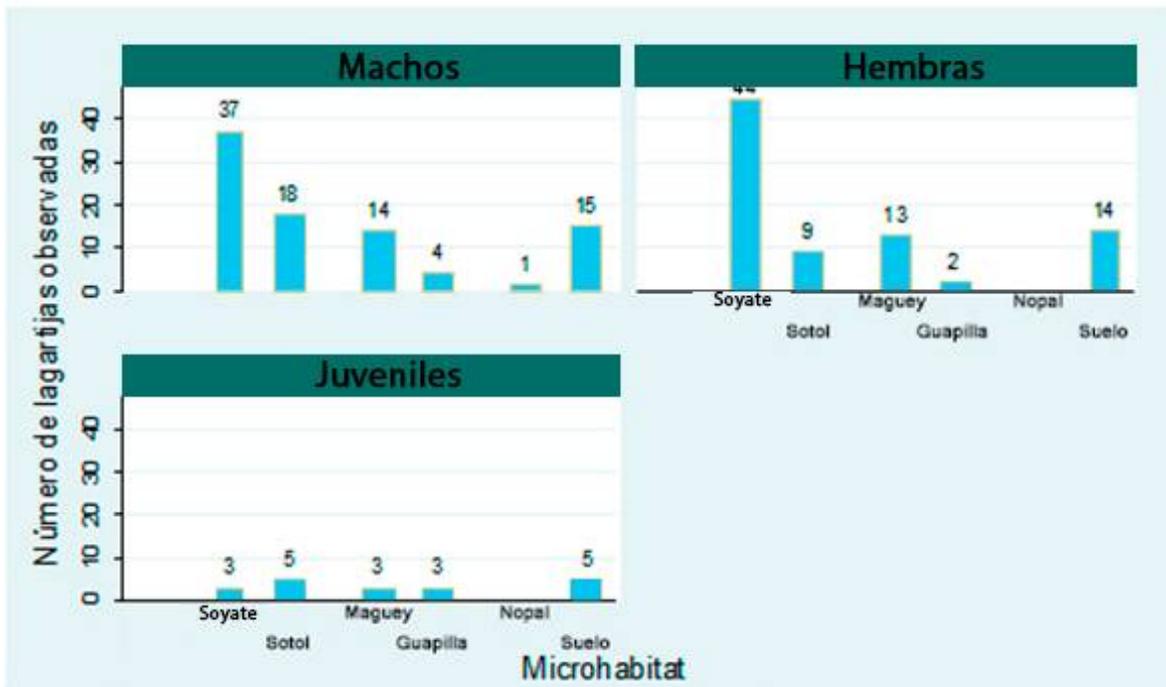


Figura 11. Número de lagartijas observadas en cada microhábitat por categoría.

La figura 11 ilustra el uso del hábitat por parte de los jóvenes y hembras y machos adultos. En este caso, los tamaños de muestra pequeños impidieron la realización de pruebas estadísticas. No obstante, los datos reflejan una información similar a la obtenida con base en todos los datos. Ambos sexos utilizan con mayor frecuencia el soyate. Por el contrario, machos y hembras utilizan con menor frecuencia al nopal y la guapilla mientras que las otras plantas son utilizadas con una frecuencia intermedia. Esto es, tanto los machos como las hembras prefieren usar más el soyate que las otras plantas. El caso de los jóvenes es diferente. Al parecer, excepto el nopal, los demás microhábitats (incluyendo el suelo) son usados con frecuencia similar. Sin embargo, dados los pocos datos que se tienen (16), esta información debe considerarse con reserva.

El patrón de uso de hábitat por hora del día refleja un patrón similar al reflejado cuando se consideran los datos en conjunto (Figura 12). Excepto de 15:00 a 16:00, cuando se observaron más organismos en maguey y suelo, en todas las demás horas el soyate es el tipo de hábitat más frecuentado. Aún en este caso, el uso del soyate es casi tan frecuente como la del maguey o el suelo. Las pocas observaciones registradas de 9:00 a 10:00 horas impiden tener un panorama del uso de hábitat en esta hora (solo se visitó una vez el área a esta hora). Sin embargo, se encontró que en las demás horas, la guapilla o no es visitada o es visitada con poca frecuencia.

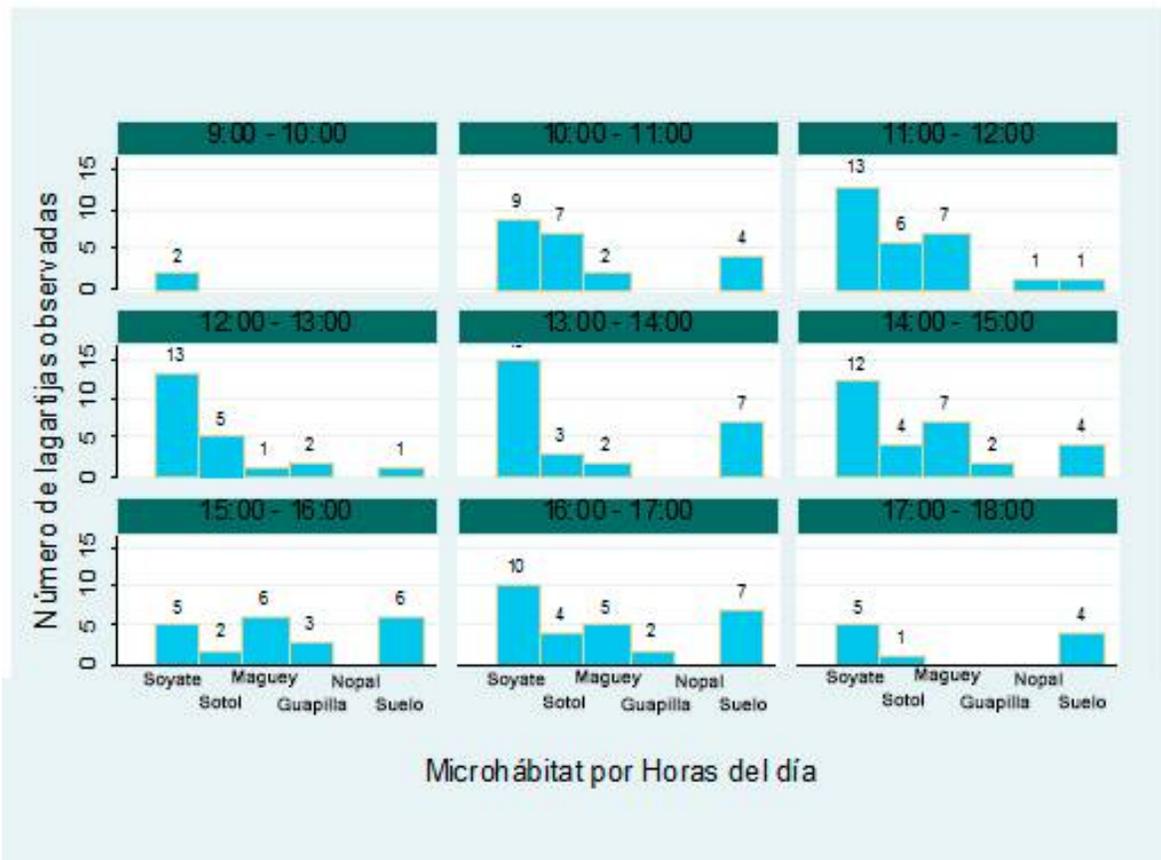


Figura 12. Uso de microhábitat de la población de *S. megalepidurus* por horas del día.

Durante la época húmeda los machos se encontraron en soyates y magueyes casi con la misma frecuencia (barras azul claro en la Fig. 13). Fueron ligeramente menos abundantes en el sotol y la guapilla. En comparación, durante la época seca (barras azul oscuro) visitaron con mucha mayor frecuencia al soyate que a las otras plantas o el suelo. El sotol y el suelo fueron los siguiente microhábitat más visitados. El patrón de uso de hábitat de las hembras mostró similitudes a la de los machos. Similar al caso de los machos, en la estación húmeda (barras moradas) el soyate no fue el microhábitat más visitado pero en la estación seca (barras moradas-oscuras en la Fig. 13) sí fue esta la planta más visitada. Sin embargo, a diferencia de los machos el sotol fue poco visitado durante la época húmeda.

Los pocos datos obtenidos para los jóvenes no permiten detectar un patrón particular de uso de hábitat. Sin embargo, es notable que a diferencia de los adultos, los cuales son más abundantes en la época seca, la abundancia de los jóvenes no es notablemente mayor en esta época.

Cuando se analiza el uso de los distintos microhábitats se hace evidente que la preferencia que tienen los organismos sobre el soyate aplica particularmente a la época seca. Si se considera que el sotol es casi dos veces tan abundante como el soyate (Fig. 10) se aprecia que la preferencia por esta última planta también ocurre durante la época húmeda, aunque no es tan pronunciada.

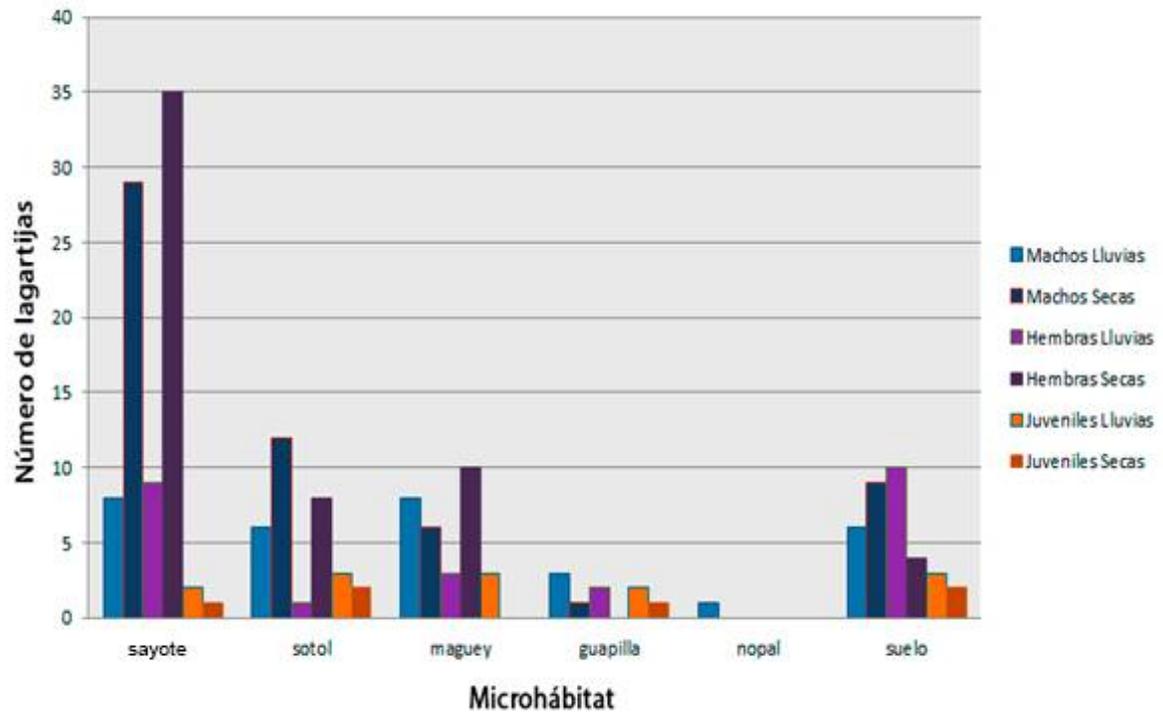


Figura 13. Uso de microhábitat de machos, hembras y jóvenes por época lluviosa y seca.

## Análisis de resultados

### Peso y LHC

En la población de *S. megalepidurus* de San Luis Atexcac los machos son ligeramente más grandes que las hembras. Como era de esperarse, este hallazgo concuerda con el reportado por González Ruiz (2014) para esta misma población. Sin embargo, el grado de dimorfismo también es similar al de otras especies de *Sceloporus* del mismo tamaño (Tabla 5). A diferencia de las demás especies listadas en la tabla 5 no existen datos para asumir que *S. megalepidurus* sea una especie territorial. Además, en ninguna visita se observaron interacciones agresivas entre machos ni se detectaron cicatrices corporales que sugirieran combates entre los mismos. En consecuencia, si bien el dimorfismo sexual encontrado en la población de *S. megalepidurus* es similar al reportado para otras especies de *Sceloporus* (tabla 5), es posible que los factores involucrados no sean los mismos.

En especies de lagartijas territoriales los machos tienen que defender territorios y se espera que los machos más grandes tengan ventajas sobre los más pequeños en encuentros conspecíficos. En consecuencia, la selección intrasexual debe favorecer a los machos más grandes y promover el dimorfismo sexual. En la población bajo estudio otros factores distintos de la selección intrasexual masculina deben promover el dimorfismo. Alternativamente, es posible que la especie haya sido territorial y que la selección intrasexual haya originado el dimorfismo observado. Bajo este contexto su manifestación actual sería consecuencia de que no ha habido tiempo suficiente que desaparezca. Si dentro del clado *Sceloporus* casi todas las especies son territoriales entonces se espera que la ausencia de territorialidad sea un carácter derivado.

**Tabla 5. Dimorfismo sexual en Longitud-Hocico-Cloaca (LHC) en algunas especies del género *Sceloporus* del mismo tamaño que *S. megalepidurus*. Promedio $\pm$ 1ES**

Especie	LHC (mm)		♂/♀	Fuente
	Machos	Hembras		
<i>S. megalepidurus</i>	47.13 $\pm$ 0.31	43.13 $\pm$ 0.28	1.09	Este trabajo
<i>S. megalepidurus</i>	46.59 $\pm$ 0.27	42.90 $\pm$ 0.24	1.08	González-Ruiz (2014)
<i>S. anahuacus</i>	48.14 $\pm$ 0.49	43.79 $\pm$ 0.61	1.08	Arriaga-Nava (2013)
<i>S. ochoterenae</i>	49.53 $\pm$ 0.28	45.70 $\pm$ 0.93	1.08	Bustos-Zagal <i>et al.</i> (2011)
<i>S. variabilis</i>	59.80 $\pm$ 0.38	51.00 $\pm$ 0.36	1.17	Ramírez-Bautista <i>et al.</i> (2006)

## Temperaturas de campo

La  $T_c$  promedio (31.73 °C) de *S. megalepidurus* de la Laguna de Atexcac es similar a la de varias especies de lagartijas del género, difiriendo en el nivel de solo algunas décimas de centígrados, como en el caso de *S. grammicus*, la cual se encuentra a una altitud de 4400 msnm que exhibe una  $T_c$  de 31.2 °C (Lemos-Espinal, *et al.*, 1995), *S. torquatus* la cual presentó una  $T_c$  de 31.03 °C a una altitud de 2300 msnm (Jiménez-Arcos, 2008) y *S. palaciosi* que habita a una altitud de 3040 msnm y presenta una  $T_c$  de 31.26 °C (Reyna-Espinoza, 2012), entre otros. Esta similitud en la temperatura corporal se puede explicar a través de relaciones filogenéticas, esto es, las preferencias térmicas se conservan entre las especies del mismo género y por consecuencia la temperatura corporal entre especies es relativamente

independiente de las condiciones ambientales (Cowles y Bogert, 1944, Bogert, 1949; Andrews, 1998).

También, en los tres grupos el intervalo de temperaturas preferidas es más alto, y las de su ambiente más bajas, que las temperaturas corporales. Esto sugiere que en general las lagartijas de la población de *S. megalepidurus* de San Luis Atexcac realizan actividades en temperaturas por debajo de las óptimas y pueden mantener sus temperaturas corporales únicamente en niveles similarmente bajos. Las temperaturas corporales relativamente bajas pueden ser el resultado de un compromiso entre realizar sus actividades básicas en un ambiente térmico inadecuado y la necesidad de alcanzar temperaturas que les permitan funcionar mejor en su ambiente.

Las  $T_c$ s promedio registradas por cada tipo de microhábitat fueron estadísticamente diferentes. La  $T_c$  promedio registrada en soyate ( $32.41 \pm 0.26$ ) y sotol ( $32.54 \pm 0.62$ ) fue estadísticamente mayor que la registrada en guapilla ( $28.37 \pm 1.11$ ). Estos resultados nos indican que el soyate y el sotol brindan a las lagartijas un microhábitat con buena calidad térmica así como un buen refugio y esto se refleja en la cantidad de individuos que seleccionaron estos microhábitats, siendo los más frecuentados tanto en machos como en hembras.

La temperatura del microhábitat ( $T_a$  y  $T_s$ ) estuvo correlacionada positiva y significativamente con la temperatura corporal. Los coeficientes de correlación para las relaciones  $T_c$  vs  $T_a$  y  $T_c$  vs  $T_s$  fueron más altos en los jóvenes (0.77 y 0.74, respectivamente) que en los adultos (0.50 y 0.47, respectivamente). Además, la pendiente de los modelos lineales correspondientes fue mayor en los jóvenes que en los adultos (Tabla 2). Esto sugiere que la temperatura del microhábitat tiene una influencia mayor en la temperatura corporal de los jóvenes que en la de los adultos. En principio, la principal actividad de las lagartijas jóvenes debe ser la búsqueda de alimento. De hecho, la mayoría de las lagartijas pequeñas se observaron activas sobre el suelo (presumiblemente buscando alimento). En consecuencia, los jóvenes se encontraron más frecuentemente en un micro-ambiente relativamente menos caliente que en el caso de los adultos (Tabla 1) y es posible que se ocuparan menos

en actividades termorregulatorias que los adultos. Esto también se refleja en el hecho de que las temperaturas corporales promedio de los jóvenes fuera uno o dos grados menor que la de los adultos (Tabla 1).

Los modelos lineales de temperatura ambiental ( $T_a$  y  $T_s$ ) vs temperatura corporal sugieren que en los jóvenes y machos adultos el calentamiento por convección es ligeramente más importante que el calentamiento por conducción. Esto es, la pendiente de la recta (y el coeficiente de determinación correspondiente) es ligeramente mayor para la relación  $T_c$  vs  $T_a$  que para la relación  $T_c$  vs  $T_s$  (Tabla 2. Evidentemente, las lagartijas pequeñas corren más riesgo de depredación que las grandes (Vitt, 2000) y por lo tanto el crecimiento debe ser críticamente importante en sus vidas. La búsqueda continua de alimento (mientras se encuentran activas) las debe forzar a estar constantemente en movimiento y, de este modo, el calentamiento por convección podría ser más relevante que el conductivo. También, en el caso de los machos el calentamiento por convección podría ser importante en los tiempos cuando presentan mayor actividad (en la época de apareamiento).

No hubo diferencias significativas en la  $T_c$  y  $T_s$  entre la época de lluvias y secas. La  $T_c$  y  $T_s$  promedio registradas en la época de lluvias fueron  $31.68 \pm 0.45$  °C y  $29.99 \pm 0.06$  °C, respectivamente y en secas fueron  $31.76 \pm 0.25$  °C y  $30.55 \pm 0.03$  °C, respectivamente. Se puede decir que el cambio de época no tiene un efecto significativo sobre la  $T_c$  de las lagartijas y sobre la  $T_s$  del microhábitat. Aunado a esto, la  $T_a$  promedio si presento diferencias significativas entre épocas, revelando que en secas se alcanza una temperatura mayor ( $29.65 \pm 0.33$  °C) que en lluvias ( $28.28 \pm 0.42$  °C).

## **Ecología térmica**

Los individuos de *S. megalepidurus* que fueron expuestos al gradiente térmico presentaron una  $T_{sel}$  promedio de  $34.68 \pm 0.18$  °C. El intervalo de temperaturas seleccionadas en cada categoría tuvo una amplitud aproximada de 1 °C (Tabla 3).

*Sceloporus megalepidurus* tiene una  $T_{sel}$  promedio e intervalo  $T_{sel}$  más alto que otras especies del género, sin embargo, mantuvo un intervalo de  $T_{sel}$  más estrecho que las otras especies (Tabla 6).

Lara-Resendiz *et. al.*, (2014) hace una comparación de la eficiencia en la termorregulación de dos poblaciones de lagartijas (*Sceloporus poinsetti* y *Sceloporus lineolateralis*). Encuentra que el intervalo de temperatura seleccionada de *S. poinsetti* es más amplio que el de *S. lineolateralis* (Tabla 6), lo cual confiere a *S. poinsetti* menos restricciones para habitar sitios con calidades térmicas diferentes. También, por la amplitud del intervalo de temperatura seleccionada, considera a *S. poinsetti* como un organismo euritermo. En comparación con *S. poinsetti*, *S. megalepidurus*, es un organismo estenotermo (amplitud del intervalo  $T_{sel}$  de 1 °C aproximadamente), por lo que requiere de microhábitats térmicamente favorables que le permitan alcanzar  $T_{cs}$  cercanas (subóptimas) al intervalo  $T_{sel}$  con el menor esfuerzo posible, por ejemplo, el soyate y sotol.

**Tabla 6. Promedio $\pm$ 1ES e intervalo de temperaturas seleccionadas $\pm$ 1ES para algunas especies del género *Sceloporus*.**

Especie	Tsel media	Intervalo Tsel	Fuente
<i>S. megalepidurus</i>	34.68 $\pm$ 0.18	34.1 $\pm$ 0.24 - 35.26 $\pm$ 0.23	Este trabajo
<i>S. torquatus</i>	31.9 $\pm$ 0.07	30 - 32	Jiménez-Arcos (2008)
<i>S. anahuacus</i>	32.64 $\pm$ 0.86	32.1 - 34.2	Lara-Resendiz y García-Vázquez (2013)
<i>P. lineolateralis</i>	30.3 $\pm$ 0.18	28.8 $\pm$ 0.28 - 31.7 $\pm$ 0.14	Lara-Resendiz <i>et. al.</i> , (2014)
<i>P. poinsetti</i>	31.2 $\pm$ 0.26	29.4 $\pm$ 0.36 - 33.1 $\pm$ 0.24	Lara-Resendiz <i>et. al.</i> , (2014)

El índice de exactitud en la termorregulación ( $d_b$ ), de acuerdo al modelo propuesto por Hertz *et. al.*, (1993), para *S. megalepidurus* tuvo un valor de 2.77 $\pm$ 0.2.

Lo anterior indica que no tuvo moderada exactitud ya que solo valores cercanos a cero indican buena exactitud lo que a su vez se refleja en el bajo porcentaje (13.68 %) de  $T_{cs}$  que cayeron dentro del intervalo de  $T_{sel}$ . De acuerdo a los resultados del presente estudio, las diferencias existentes en los valores del  $d_b$  de machos ( $2.61 \pm 0.28$ ), hembras ( $2.71 \pm 0.27$ ) y jóvenes ( $4.05 \pm 0.8$ ) no fueron estadísticamente significativas, no obstante, los jóvenes tuvieron la menor exactitud y las hembras la mayor, sin embargo este resultado puede derivarse del tamaño de muestra de los jóvenes.

El  $d_b$  para la época de lluvias ( $3.43 \pm 0.34$ ) fue mayor que el de la época de secas ( $2.28 \pm 0.23$ ). Esto demuestra que las lagartijas termorregulan con mayor exactitud durante la época seca. Lo anterior puede deberse a las condiciones de nubosidad, humedad y cantidad de radiación solar que incide sobre el sustrato en cada época. Durante la época lluviosa hay mayor humedad y poca radiación solar debido a la alta nubosidad, por lo tanto, termorregular en esta época implica un mayor esfuerzo para *S. megalepidurus*, por el contrario, en la época seca los individuos se esfuerzan menos al termorregular. Se encontraron diferencias significativas entre épocas.

El índice de la calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) demuestra que el hábitat que ocupa esta población de *S. megalepidurus* es de baja calidad térmica ( $d_e = 9.09 \pm 0.61$ ), es decir, el conjunto de temperaturas que ofrece el ambiente durante las horas del día no son las ideales por lo que los organismos tienen que termorregular activamente para alcanzar  $T_{cs}$  que caigan dentro del intervalo de  $T_{sel}$ . Entre las categorías contempladas en el presente estudio los jóvenes tuvieron el menor  $d_e$  ( $8.39 \pm 0.60$ ), las hembras el mayor  $d_e$  ( $9.33 \pm 0.61$ ) y los machos presentaron un  $d_e$  superior al de los jóvenes pero inferior al de las hembras ( $9.06 \pm 0.60$ ). Estas diferencias en el  $d_e$  no fueron estadísticamente significativas. El  $d_e$  para secas fue de  $9.06 \pm 0.8$  y para lluvias de  $9.14 \pm 0.96$ . Estas diferencias no fueron significativas.

El índice de eficiencia térmica ( $E$ ) para *S. megalepidurus* fue de 0.7. Este valor indica que *S. megalepidurus* se comporta como una especie que termorregula

activamente. Por categorías, machos y hembras termorregulan con la misma eficiencia (0.71), los cuales tuvieron mayor eficiencia que los jóvenes (0.52).

La  $E$  para secas fue superior a la de lluvias. Esto puede deberse a las características antes mencionadas (nubosidad, humedad y radiación solar).

Se ha documentado que cuando el  $d_e$  aumenta (mayor heterogeneidad térmica del hábitat), los animales presentan mayor eficiencia en la termorregulación. Como prueba de esta tendencia, este estudio es un claro ejemplo.

## Uso de hábitat

En el género *Sceloporus* existen diversos hábitos en el uso del microhábitat (saxícolas, arborícolas, etc.). En el presente estudio el microhábitat más frecuentado por *S. megalepidurus* fue el soyate, lo que demuestra que en este tipo de vegetación esta especie adopta hábitos arborícolas. Esto puede deberse a que este tipo de microhábitat les brinda un buen refugio. Cuando una lagartija se ve amenazada frecuentemente se oculta entre las hojas secas que se pliegan sobre el tallo. Además los datos sugieren que este microhábitat (soyate) les permite termorregular eficientemente y prueba de ello es que en los soyates se registró una de las  $T_c$  promedio más alta ( $32.41 \pm 0.26$ ). También de las  $T_c$ s registradas en cada tipo de microhábitat la mayoría (19.04%) cayó dentro del intervalo  $T_{sel}$ , a pesar de que los soyates representan un microhábitat relativamente poco frecuente en el área de estudio.

En otra área (Ixtacamaxitlán, Puebla) en donde el tipo de vegetación es bosque de pino-encino se observó a la mayoría en maguey o roca, lo cual sugiere una plasticidad por parte de *S. megalepidurus* para poder llegar a utilizar los diferentes tipos de microhábitats disponibles en diferentes tipos de vegetación (Observación propia). No se encontraron diferencias significativas en el uso de microhábitats entre machos, hembras y jóvenes exhibiendo un uso similar en los diferentes microhábitats disponibles.

González-Ruíz (2014) reporta haber encontrado a más de un macho en un solo microhábitat sin que estos exhibieran comportamientos agonísticos, así mismo observó baja fidelidad de los individuos hacia un solo refugio, lo que hace posible pensar que *S. megalepidurus* es una especie poco territorial. Debido a las características antes mencionadas (baja fidelidad de sitio y poca territorialidad) es posible que la competencia intraespecífica entre las diferentes categorías contempladas en el presente estudio sea casi nula y por lo tanto se da la oportunidad de que puedan utilizar de la misma forma los diferentes tipos de microhábitats disponibles.

Bustos et al. (2013) realizó un estudio con *S. horridus horridus* en el cual encontró que también selecciona preferentemente microhábitats de forma arbórea, aunque puede llegar a utilizar los distintos microhábitats disponibles, y a diferencia del presente estudio, Bustos et al. (2013), si encontró diferencias significativas en el uso de microhábitats entre crías, subadultos y adultos.

Se encontró que los machos utilizan los microhábitats disponibles de diferente forma entre épocas. Esto puede deberse al periodo de apareamiento y a la disponibilidad de alimento.

## Conclusiones

- Las temperaturas corporales de actividad de *S. megalepidurus* no varían con la edad, es decir, machos, hembras y jóvenes exhiben  $T_{cs}$  similares
- *Sceloporus megalepidurus* es un organismo estenotermo. La amplitud del intervalo  $T_{sel}$  fue de 1 °C aproximadamente.
- A pesar de la baja calidad térmica del hábitat y de la moderada exactitud en la termorregulación, la población en estudio demostró tener una eficiencia en la termorregulación elevada.
- *Sceloporus megalepidurus* en este tipo de vegetación adopta hábitos arborícolas, aunque es capaz de utilizar los diferentes tipos de microhábitats disponibles.
- El microhábitat mayormente frecuentado y el preferido por *S. megalepidurus* fue el soyate, esto se debe principalmente a que les proporciona un buen lugar para refugiarse y termorregular.
- Machos, hembras y jóvenes utilizan de forma similar los diferentes microhábitats.

## Bibliografía

Adolph, S. C. 1990. Influence of behavioral thermoregulation on microhabitat use by two *Sceloporus* lizards. *Ecology* 71: 315-327.

Andrews, R. M. 1998. Geographic variation in the field body temperature of *Sceloporus* lizards. *Journal of Thermal Biology*. 23: 329-334.

Andrews, R. M., Méndez de la Cruz F. R., Villagrán-Santa Cruz M. y Rodríguez-Romero F. 1999. Field and Selected Body Temperatures of the Lizards *Sceloporus aeneus* and *Sceloporus bicanthalis*. *Journal of Herpetology* 33: 93-100.

Angilletta, M. J. JR., Montgomery, L. G. y Werner, Y. L. 1999. Temperature preference in geckos: diel variation in juveniles and adults. *Herpetologica* 55:212-222.

Arriaga-Nava, G. 2013. Dimorfismo sexual y supervivencia en *Sceloporus anahuacus* (Squamata: Phrynosomatidae). Tesis de Maestría. FES-Zaragoza, UNAM. México D. F.

Bellairs, A. D., Attridge, S. & Sanz, G. J. L. 1975. Los reptiles. Editorial H. Blume, España.

Beuchat, C. A. 1988. Temperature effects during gestation in a viviparous lizard. *Journal of Thermal Biology* 13: 135-142.

Bogert, C. M. 1949. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. *Evolution*. 3: 195-211.

Bustos-Zagal, M. G., Méndez-De La Cruz, F. R., Castro-Franco, R., Villagran-Santa Cruz., M. 2011. Ciclo reproductor de *Sceloporus ochoterenae* en el Estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 589-597.

Bustos-Zagal, M. G., Manjarrez, J. & Castro-Franco, R. 2013. Uso de microhábitat y termorregulación en *Sceloporus horridus horridus* (Wiegmann, 1939) (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 29(1): 153-163.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 pp.

Cowles, R. B. 1940. Additional implications of Reptilian Sensitivity to High Temperatures. *The American Naturalist*. 74:542-561.

Cowles, R. B., and C. M. Bogert. 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83: 261-296.

Cowles, R. B., y G. L. Burleson. 1944. The sterilizing effect of high temperatures on the male germ plasm of the yucca night-lizard, *Xantusia vigilis*. *The American Naturalist* 79: 417-435.

Dasman, M. M. and H. M. Smith. 1974. A sceloporine lizard from Oaxaca, México. *Geat Bas. Nat.*, 34 (3): 250-256.

Ferrusquía-Villafranca, I. 1993. Geology of Mexico: a synopsis. Pp. 3–108. In T. P. Ramammoorthy, R. Bye, R. A. Lot, and J. Fa (Eds.), *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press, New York, New York, U.S.A.

Godínez-Cano, E. 1985. Ciclo reproductivo de *Sceloporus megalepidurus megalepidurus* (Reptilia: Sauria: Iguanide), en la parte oriental de Tlaxcala, México. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala, UNAM. Estado de México.

González-Ruíz, A. 1991. Aspectos de la Ecología Poblacional de *Sceloporus megalepidurus* Smith (Reptilia; Sauria; Iguanidae) en el Oriente de Tlaxcala, México. Tesis de licenciatura. Depto. de Biología Experimental, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Unidad Iztacala, UNAM. Estado de México.

González-Ruíz, M. 2014. Dimorfismo sexual en una población de la lagartija *Sceloporus megalepidurus* (Squamata: Phrynosomatidae) que habita en una comunidad de Matorral Xerófilo al este de Puebla. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F.

Hertz, P. E. 1981. Adaptation to altitude in two West Island anoles (Reptilia:Iguanidae): Field thermal biology and physiological ecology. *Journal of Zoology* 195:25-37.

Hertz, P. E., Huey, R. B. y Stevenson, R. D. 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate question. *The American Naturalist* 142:796-818.

Huey, R. B. 1982. Temperature, physiology, and ecology of reptiles. Pages 25-91 in C. Gans y F. H. Pough, eds. *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. Physiology C. Physiological ecology. Academic press, New York.

Huey, R. B. y Pianka, E. R. 1977. Seasonal variation in thermoregulatory behavior and body temperature of diurnal Kalahari lizards. *Ecology* 58:1066-1075.

Huey, R. B. y Slatkin, M. 1976. Costs and benefits of lizards thermoregulation. *Quarterly Review of Biology* 51:363-384.

Huey, R. B., E. R. Pianka y T. W. Schoener. 1983. *Lizard Ecology. Studies of a Model Organism*. Harvard University Press, Cambridge.

IUCN Red List Categories and Criteria. Disponible en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

INEGI. 2009a. Carta Topográfica, Carta de Climas, Escala 1:1 000 000.

INEGI. 2009b. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000 Serie II (Continuo Nacional).

INEGI. 2009c. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Guadalupe Victoria, Puebla.

INEGI. 2010. Marco Geoestadístico Municipal, versión 5.0.

Jiménez-Arcos, V. H. 2008. Biología térmica de la lagartija vivípara *Sceloporus torquatus* (Squamata: Phrynosomatidae) del pedregal de San Ángel. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. D. F.

Köhler, G. and P. Heimes. 2002. *Stachelleguane: Lebensweise•Pflege• Zucht*. Herpeton, Offenbach, Germany.

Lara-Reséndiz, R. A. 2008. Eficiencia de la termorregulación y modelación del nicho ecológico de dos especies hermanas de *Sceloporus* con diferente modo reproductor. Tesis de Maestría. Instituto de Biología. UNAM. México. D. F.

Lara-Reséndiz, R. A., A. H. Díaz de la Vega-Pérez, V. H. Jiménez-Arcos, H. Gadsden, F. R. Méndez-De la Cruz. 2014. Termorregulación de dos poblaciones de

lagartijas simpátridas: *Sceloporus lineolateralis* y *Sceloporus poinsettii* (Squamata: Phrynosomatidae) en Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85, 875-884.

Lara-Reséndiz, R. A y García-Vázquez U. O. 2013. *Sceloporus anahuacus* (Anahuacan Graphic Lizard). Selected Body Temperature. *Natural History Notes. Herpetological Review*. 44(4): 683.

Lemos-Espinal, J. A. y R. E. Ballinger. 1995. Comparative thermal ecology of the high altitude lizard *Sceloporus grammicus* on the eastern slope of the Iztaccihuatl Volcano, Puebla, México. *Canadian Journal of Zoology* 73: 2148-2191.

Lemos-Espinal, J. A., Simith G. R. y Ballinger R. E. 1997. Thermal ecology of the lizard, *Sceloporus gadoviae*, in an arid tropical scrub forest. *Journal of Arid Environments* 35: 311-319.

Licht, P. 1965. The relation between preferred body temperatures and testicular heat sensitivity in lizards. *Copeia* 1965: 428-436.

Liner, E. A. & G. Casas-Andreu. 2008. Nombres estándar en español y en inglés y nombres científicos de los anfibios y reptiles de México/Standard spanish, english, and scientific names of the amphibians and reptiles of México. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Herpetological Circular*. 38: 1-162.

López, A. S. 2005. Biología térmica y desempeño locomotor en tres especies de lacertilios vivíparos del grupo *Sceloporus torquatus*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F.

Lourdais, O., R. Shine, X. Bonnet, M. Guillon y G. Naulleau. 2004. Climate affects embryonic development in a viviparous snake, *Vipera aspis*. *Oikos* 104: 551-560.

Muñoz, B. R. 2014. Termorregulación en *Barisia imbricata* (Sauria:Anguidae). Tesis de Licenciatura. UNAM. México. D. F.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Tomo DCLXX. Mexico, D.F.: SEMARNAT. 78.

Pough, F. H., Andrews, R. M., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitzky, A. H. y Wells, K. D. 2001. *Herpetology*. Segunda edición. Prentice Hall, New Jersey, E.E.U.U.

Qualls, C. P. y R. M. Andrews. 1999. Cold climates and the evolution of viviparity in reptiles: cold incubation temperatures produce poor-quality offspring in the lizard, *Sceloporus virgatus*. *Biological Journal of the Linnean Society*. 67: 353-376.

Ramírez-Bautista, A., R. García-Collazo, L. J. Guillette JR. Reproductive, Fat, and Liver Cycles of Male and Female Rose-Bellied Lizards, *Sceloporus variabilis*, from Coastal Areas of Southern Veracruz, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 51(2): 163-171.

Reyna-Espinoza, V. 2012. Biología térmica, actividad y uso de microhábitat de la lagartija *Sceloporus palaciosi* (Sauria: Phrynosomatidae) en los dinamos de la magdalena contreras. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. D. F.

Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504.

Sinervo, B., F. Méndez de la Cruz, D. B. Miles, B. Huelin, E. Bastiaans, M. Villagran-Santa Cruz, R. Lara-Resendiz, N. Martínez-Méndez, M. L. Calderón-Espinosa, R. N. Meza-Lázaro, H. Gadsden, L. J. Ávila, M. Morando, I. J. De la Riva, P. V. Sepulveda, C. F. D. Rocha, N. Ibargüengoytía, C. A. Puntriano, M. Massot, V.

Lepetz, T. A. Oksanen, D. G. Chapple, A. M. Bauer, W. R. Branch, J. Clobert y J. W. Sites. 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science* 328: 894-899.

Smith, G. R. & Ballinger, R. E. 2001. The ecological consequences of habitat and microhabitat use in lizards: a review. *Contemporary Herpetology*. 3.

Smith, H. M. 1934. Descriptions of new lizards of genus *Sceloporus* from Mexico and southern United States. *Trans. Kansas Acad. Sci.* 37:263-285.

Smith, H. M. 1939. The mexican and central american lizards of the genus *Sceloporus*. *Zool. Ser. Field Mus. Nat. Hist.*, 26: 1-395.

Smith, H. M. y Smith, R. B. 1976. Synopsis of the herpetofauna of México. Vol. III. Source analysis and index for Mexican reptiles. John Johnson North Bennington. 22.

Smith, H. M., E. A. Liner, D. Chiszar, G. Pérez-Higareda and F. Mendoza-Quijano. 2006. *Sceloporus megalepidurus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* (837):1-5.

Van Damme, R., D. Bauwens & R. F. Verheyen. 1987. Thermoregulatory responses to environmental seasonality by the lizard *Lacerta vivipara*. *Herpetologica* 43: 405–415.

Vitt, L. J. 2000. Ecological consequences of body size in neonatal and small-bodied lizards in the neotropics. *Herpetological Monographs* 14: 388-400.

Wilson L. D., Mata-Silva V., Johnson J. D. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation* 7(1): 1–47 (e61).

Woolrich-Piña G., Lemos-Espinal J. A., López O., Calderón M. M. E., González E. J. E., Correa S. L. y Montoya A. F. 2006. Ecología térmica de una población de la lagartija *Sceloporus grammicus* (Iguanidae: Phrynosomatinae) que ocurre en la zona centro-oriente de la ciudad de México. *Acta zoológica mexicana* 22(2): 137-150.

Zug, G. R., Vitt, L. J. y Caldwell, J. P. 2001. *Herpetology: An introductory biology on amphibians and reptiles*. Segunda edición. Academic Press, Sand Diego, California, E.E.U.U.