



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**Ecología térmica de una población de la lagartija de vientre  
rosa *Sceloporus variabilis* (Squamata: Phrynosomatidae)  
ubicada en los alrededores de Paso Canoa al norte de  
Oaxaca.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A:**

**EMMANUEL ALEJANDRO RAMÍREZ MORALES**



**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. MANUEL FERIA ORTIZ**

Ciudad de México., MARZO, 2019



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  
AVENIDA 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 **RAMÍREZ MORALES EMMANUEL ALEJANDRO**, con número de cuenta **308311781**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **26 de marzo de 2019** a las **15:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

**PRESIDENTE** Dr. ALBERTO MÉNDEZ MÉNDEZ

**VOCAL** Dr. MANUEL FERIA ORTIZ

**SECRETARIO** M. en C. GUADALUPE BRIBIESCA ESCUTIA

**SUPLENTE** M. en C. URI OMAR GARCÍA VÁZQUEZ

**SUPLENTE** Dr. GABRIEL GUTIÉRREZ GRANADOS

El título de la tesis que presenta es: **Ecología térmica de una población de la lagartija de vientre rosa *Sceloporus variabilis* (Squamata: Phrynosomatidae) ubicada en los alrededores de Paso Canoa al norte de Oaxaca.**

Opción de titulación: Tesis.

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

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Ciudad de México, a 22 de febrero de 2019

**DR. VICENTE JESÚS HERNÁNDEZ ABAD**  
**DIRECTOR**  
ZARAGOZA  
**DIRECCION**



RECIBI  
OFICINA DE EXÁMENES  
PROFESIONALES Y DE GRADO

VQ. BO.  
DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ  
JEFE DE CARRERA

## **AGRADECIMIENTOS.**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por brindarme las facilidades, instalaciones y conocimientos para mi formación académica.

A mi tutor el Dr. Manuel Feria Ortiz, por el gran apoyo, paciencia y conocimientos que me otorgo a lo largo de la realización de este trabajo, y particularmente por la amistad brindada a lo largo del tiempo que lo conozco, gracias por todo Doc.

A mis sinodales: Al Dr. Alberto Méndez Méndez, a la M. en C. Guadalupe Bribiesca Escutia, al M. en C. Uri Omar García Vázquez y al Dr. Gabriel Gutiérrez Granados por todo el tiempo invertido en correcciones y observaciones para la realización y mejoramiento de este trabajo.

A mis amigos durante toda la carrera: a Edgar (Coco) por los buenos momentos y consejos pero sobre todo las grandes borracheras, a Chucho (Manitas) por los momentos y música compartidas, A Daniel (House) por el apoyo y amistad, Jesús (Happy) por el tiempo que compartimos como amigos, a Dani por ser una gran amiga durante toda la carrera y en particular en casi todos los LIF, a Adri por el buen tiempo de amistad, A Vann, por tantos consejos, platicas, y regaños que me dista a lo largo de toda la carrera pero sobre todo por la gran amistad que pese a la distancia y el tiempo ha permanecido y gracias a todos los que no mencione por falta de espacio, gracias amigos.

A todos los miembros del laboratorio de herpetología; A Cristian, Rodrigo, Celic, Karen y Carlos Toral por apoyarme a la colecta de los organismos, así mismo agradezco a Víctor, Yolo, María, Mónica, Diana, Pavel, Carlos (Tanque), Jorge, León por compartir los mis últimos años de carrera, también agradezco a Isaac, Mixtli, Renato, Fernanda, que me han apoyado compartiendo sus conocimientos, experiencia y amistad. Particularmente quiero agradecer a Ana Celic por su gran amistad y apoyo, a Abel, por la gran ayuda que me brindo en la realización de este trabajo pero principalmente por la gran amistad que me brindo durante todo el tiempo en mi estancia en el laboratorio y a Perry por la gran amistad que me ha brindado, además de ser un gran compañero de aventuras y un excelente amigo en todo momento, borracho pero buen muchacho, gracias a todos.

A los miembros de Verdugos Zaragozanos: a Lupe por toda la dedicación tiempo conocimientos y amistad que ha compartido con todos los miembros, al M. en C, José Luis por la amistad y conocimientos que me ha dado desde el tiempo en el que lo conoci, también quiero agradecer a los chicos que forman parte de guías del grupo: Alan, Andre, Julio, Mijail, Leonardo, Edgar, Vanessa y Sergio, por todos los buenos momentos que he pasado en el grupo.

Por ultimo quiero agradecer a todos los profesores que con su trabajo incansable contribuyeron a mi formación como biólogo, y a todos aquerllos que directa o indirectamente contribuyeron a mi formación academica y personal.

## **DEDICATORIA.**

A mi madre: Olga Lidia Morales, por todo el apoyo incondicional, consejos y regaños que me han sido útiles no solo a lo largo de la carrera, si no en toda mi vida, gracias por todo el esfuerzo que has hecho para que yo logre llegar a esta parte de mi vida, no tengo palabras suficientes para describir lo agradecido que estoy contigo y gracias por siempre ponerme en el buen camino, hacer que siempre me supere, por siempre lograr que sea una mejor persona. Te amo.

A mi padre: Alejandro Ramírez, por la gran dedicación no solo como padre si no como el mejor amigo que me pudo poner la vida, gracias por todo el esfuerzo, y principalmente gracias por todas las platicas, consejos y comprensión que has puesto en mí, no solo en los momentos más felices, sino también en los momentos más difíciles en mi vida, gracias por todo. Te amo.

A Vanessa Sánchez, por siempre estar a mi lado apoyándome, ayudándome, pero sobre todo amándome, gracias por darme la oportunidad de estar a tu lado como pareja y gracias por siempre estar dispuesta a vivir aventuras cada vez mas estrafalarias, y raras, por qué ser tu pareja es ya una aventura increíble, y espero con ansias todas las aventuras que faltan por vivir, Gracias por todo amor. Te amo mucho.

A mi hermana: Dibian Alejandra, por ser parte de mi vida y por siempre apoyarme a tu manera, y a pesar que siempre tendremos diferencias como hermanos, te aprecio mucho y te deseo todo lo mejor, gracias por siempre apoyarme tanto académicamente como en mi vida personal. Te quiero mucho hermana.

## CONTENIDO.

Lista de figuras.....	1
Lista de cuadros.....	3
Resumen.....	5
1. Introducción.....	6
2. Antecedentes.....	10
3. Descripción de la especie.....	11
4. Distribución.....	12
5. Justificación.....	13
6. Hipótesis.....	13
7. Objetivos.....	14
7.1 General.....	14
7.2 Particulares.....	14
8. Método.....	15
8.1 Descripción de la zona de estudio.....	15
8.2 Trabajo de campo.....	18
8.2.1 Temperaturas corporales en campo ( $T_c$ ).....	18
8.2.2 Temperaturas operativas ( $T_o$ ).....	19
8.3 Trabajo de laboratorio.....	20
8.3.1 Temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ).....	20
8.4 Método estadístico.....	21
8.5 Ecología térmica.....	22
8.5.1 Criterio de Huey & Slatkin, 1976.....	22
8.5.2 Protocolo de Hertz <i>et al.</i> , 1993.....	23

8.5.3 Actividad y $T_{sel}$ .....	24
9. Resultados.....	25
9.1 Peso y LHC.....	25
9.2 Temperaturas corporales de actividad.....	25
9.3 Ecología térmica.....	27
9.3.1 Criterio de Huey & Slaykin, 1976.....	27
9.3.2 Intervalo de temperaturas seleccionadas.....	32
9.3.3 Protocolo de Hertz <i>et al.</i> , 1993.....	33
9.3.4 Actividad y $T_{sel}$ .....	34
10. Discusión de resultados.....	36
10.1 Peso y LHC.....	36
10.2 Temperaturas corporales de actividad.....	37
10.3 Ecología térmica.....	39
10.3.1 Criterio de Huey & Slatkin, 1976.....	39
10.3.2 Intervalo de temperaturas seleccionadas.....	40
10.3.3 Protocolo de Hertz <i>et al.</i> , 1993.....	41
10.3.4 Actividad y $T_{sel}$ .....	42
11. Conclusiones.....	44
12. Literatura citada.....	45

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. <i>Sceloporus variabilis</i> . Hembra adulta (parte superior) y macho joven (parte inferior).....	11
Figura 2. Distribución geográfica de <i>Seloporus variabilis</i> , (GBIF, 2018; QGIS, 2018).....	12
Figura 3. Localización espacial de la zona de estudio (rectángulo en color rojo). Se muestra la ubicación georreferenciada (cuadro en la parte central) del área de estudio, así como las localidades aledañas. (QGIS, 2018; Google, 2018; INEGI, 2018).....	15
Figura 4. Gráfica de precipitación (barras azules) y temperatura (línea roja) para el área de estudio (Paso Canoa). Recuperado de CLIMATE-DATA.ORG ORG.....	16
Figura 5. Casa abandonada en la zona de estudio.....	17
Figura 6. Ligas amarradas, utilizadas para aturdir a las lagartijas.....	18
Figura 7. Red de captura utilizada para capturar a los organismos.....	18
Figura 8. Termómetro FLUKE 53-II B con termopar tipo K.....	19
Figura 9. Esquema del gradiente térmico utilizado para medir las $T_{Sel}$ en laboratorio, la temperatura más baja del sustrato fue alrededor de 18° C y la más alta a 40°C.....	20
Figura 10. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para la muestra de <i>Sceloporus variabilis</i> de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.....	28
Figura 11. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para las hembras adultas de <i>Sceloporus variabilis</i> de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.....	29
Figura 12. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para los machos adultos de <i>Sceloporus variabilis</i> de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.....	29

Figura 13. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para los jóvenes de *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.....30

Figura 14. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para la época de secas en la muestra de *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.....  
.....30

Figura 15. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para la época de lluvias en la muestra de *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.....  
.....31

Figura 16. Distribución de frecuencias de las  $T_C$  (A),  $T_O$  (B) y el intervalo de las temperaturas seleccionadas (C, franja en color rojo) para la población de *Sceloporus variabilis* en estudio.....33

Figura 17. Distribución de frecuencias de lagartijas recolectadas en días soleados (barras azules) y de lagartijas que tuvieron las  $T_C$  dentro de sus temperaturas seleccionadas (barras rojas) para los horarios de actividad en días soleados.....35

## LISTA DE CUADROS.

Cuadro 1. Promedios $\pm$ 1ES e intervalos de variación (entre paréntesis) para $T_c$ , $T_s$ y $T_a$ para cada grupo (machos, hembras y jóvenes) de <i>Sceloporus variabilis</i> .....	26
Cuadro 2. Resumen estadístico de las $T_c$ para las épocas de lluvia y secas por grupo y para la población en general. Se muestran los promedios $\pm$ 1 ES e intervalos de variación (entre paréntesis).....	26
Cuadro 3. Resultados de la regresión lineal entre la $T_c$ vs $T_s$ y $T_c$ vs $T_a$ entre grupos, (se muestra el coeficiente de determinación= $r^2$ , La pendiente de la recta= $\beta$ , la ordenada al origen= $\alpha$ , el valor de $p = p$ , para cada grupo, así mismo y para cada época del año (seca y lluviosa) se muestran las varianzas de las $T_c$ , $T_s$ y $T_a$ ).....	31
Cuadro 4. Resumen estadístico de las $T_{Sel}$ y intervalos de $T_{Sel}$ , ambos con $\pm$ 1 ES para cada grupo y para la población de <i>Sceloporus variabilis en estudio</i> .....	32
Cuadro 5. Resumen estadístico para el índice de exactitud de las temperaturas corporales ( $d_b$ ), índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) e índices de eficiencia térmica ( $E = 1-d_e/d_b$ ) e índice de efectividad térmica ( $E = d_e-d_b$ ), para la población de <i>Sceloporus Variabilis</i> , y por grupos (machos, hembras y jóvenes).....	34
Cuadro 6. Resumen estadístico para el índice de exactitud de las temperaturas corporales ( $d_b$ ), índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) e índices de eficiencia térmica ( $E = 1-d_e/d_b$ ) e índice de efectividad térmica ( $E = d_e-d_b$ ), para las épocas de secas y lluvias .....	34
Cuadro 7. Dimorfismo sexual en la longitud hocico cloaca (LHC) y peso en 5 poblaciones (de los estados de Hidalgo, Veracruz y Oaxaca) de <i>Sceloporus variabilis</i> (promedios $\pm$ 1ES) .....	36
Cuadro 8. Dimorfismo sexual en longitud hocico cloaca (HCL) en diferentes especies del género <i>Sceloporus</i> .....	37

Cuadro 9. Temperaturas corporales promedio de *Sceloporus variabilis* reportadas en diferentes altitudes provenientes de 4 estudios (Andrews, 1998).....38

Cuadro 10. Intervalo de temperaturas seleccionadas y promedio de temperaturas seleccionadas en diferentes especies del genero *Sceloporus*. Promedios  $1 \pm ES$ .....41

Cuadro 11. Resumen estadístico para el índice de precisión de la termorregulación ( $d_b$ ), índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) e índices de eficiencia térmica ( $E = 1-d_e/d_b$ ) e índice de efectividad térmica ( $E = d_e-d_b$ ), para las poblaciones de diferentes especies del género *Sceloporus*.....42

## Resumen.

La temperatura corporal es particularmente importante en reptiles, los cuales, como los demás ectotermos (invertebrados, anfibios y la mayoría de los peces), dependen de calor externo para elevar la temperatura de sus cuerpos. Al control de la temperatura corporal ( $T_c$ ) dentro de un intervalo específico se le denomina termorregulación. Algunas especies de reptiles no regulan eficientemente la temperatura de su cuerpo (tienden al termoconformismo), mientras que los termorreguladores activos mantienen su temperatura corporal dentro de ciertos límites, si bien con eficiencia variable. El conocimiento del comportamiento termorregulatorio es fundamental para comprender mejor otros procesos de su biología.

En este estudio se trabajó con una población de *Sceloporus variabilis* presente en la localidad Paso canoa, Oaxaca. El objetivo fue determinar si los organismos regulan en algún grado su temperatura corporal y de ser así evaluar la eficiencia con la que lo hacen. Se registraron datos de temperatura corporal de actividad de marzo a septiembre de 2015, así mismo se registraron las temperaturas del sustrato y del aire (a 1 cm del sustrato) y temperaturas operativas ( $T_o$ ) de modelos físicos en microhábitats en donde se observó a las lagartijas termorregular. Se tomaron temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ) en un gradiente en laboratorio. Las lagartijas fueron pesadas y se midió el largo hocico cloca (LHC). Se compararon los periodos de actividad, la frecuencia de las  $T_c$  y las  $T_{sel}$  de hembras y machos adultos. Se utilizó el criterio de Huey & Slatkin (1976) para detectar o no la existencia de comportamiento termorregulatorio y el protocolo de Hertz *et al.*, (1993) para evaluar la eficiencia del comportamiento termorregulatorio.

Los machos fueron más pesados y grandes que las hembras. La  $T_c$  promedio de la población bajo estudio fue de  $35.42 \pm 0.31$  °C. El intervalo de  $T_{sel}$  fue de  $33.08 \pm 0.47$ – $35.59 \pm 0.23$ . La pendiente de la recta de regresión entre la  $T_c$  y la temperatura del sustrato y entre la  $T_c$  y la temperatura del aire, fue cercana a cero lo que indicó que los organismos muestran comportamientos termorregulatorios. El índice de exactitud de las temperaturas corporales ( $d_b$ ) fue de 0.76, el índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) fue de 7.77 y el índice de eficiencia térmica estuvo cercano a uno ( $E = 0.9$ ), lo que indicó que *S. variabilis* es un termorregulador eficiente pese a su baja calidad térmica del hábitat, Los índices de calidad térmica del hábitat tuvieron diferencias significativas entre las épocas de secas y de lluvias, pero, la exactitud de la termorregulación fue similar entre estas épocas lo que indica que *S. variabilis* logra termorregular eficientemente pese a los retos que el hábitat presenta. *S. variabilis* es un termorregulador eficiente teniendo índices de eficiencia mayores que los de otras especies del mismo género. El periodo de actividad de *Sceloporus variabilis* fue bimodal, el horario con mayor  $T_c$  que cayeron dentro de las  $T_{sel}$  fue de 14:00 a 15:00 hrs. (88.8%) lo que sugiere que en ese horario las temperaturas son las más adecuadas para termorregular.

## 1. Introducción.

La temperatura es uno de los factores ambientales clave en la biología de los reptiles ya que son incapaces de producir calor metabólico, por lo tanto requieren mantener sus temperaturas constantes y cercanas a niveles óptimos cuando se encuentran en actividad, ya que el control en la temperatura corporal influye en la optimización de procesos como el desempeño locomotor y escape de depredadores, siendo determinante en la supervivencia (Avery, 1979). Por esta razón, dada la dependencia térmica de prácticamente cualquier proceso vital, la adquisición de calor externo del ambiente es una necesidad fundamental en la vida de los reptiles (Cowles & Broget, 1944).

Además de su necesidad de adquirir calor del ambiente, los reptiles tienen que evitar que sus cuerpos adquieran temperaturas extremas (Zug *et al.*, 2001). Las temperaturas inferiores a los 16° C provocan que los reptiles realice más lentamente sus actividades y las temperaturas superiores a los 45° C en la mayoría de las especies tienden a dañar al organismo (Cowles y Bogert, 1944). En consecuencia, con el fin de poder desempeñarse eficientemente en su medio, la mayoría de los reptiles regulan o mantienen sus temperaturas corporales dentro de ciertos intervalos (Hertz *et al.*, 1993).

A la serie de temperaturas corporales en las cuales un reptil se desempeña mejor se le denomina intervalo de temperaturas óptimas, así mismo, al control de la temperatura corporal dentro de un intervalo específico se le denomina termorregulación (Vitt & Caldwell, 2014). El cuidado con el que los reptiles regulan su temperatura corporal varía de especie a especie (Bogert, 1949a). En un extremo se encuentran algunas especies termoconformistas que no son eficientes al regulan la temperatura de su cuerpo. Por ejemplo, se espera que las especies fosoriales o que viven en ambientes homogéneos (v. gr., cuevas) no exhiban comportamientos termorregulatorios ya que los ambientes en los que viven no ofrecen oportunidades térmicas para ello. En otro extremo se encuentran los termorreguladores eficientes los cuales mientras están activos mantienen su temperatura corporal dentro de su intervalo de temperaturas óptimas (Woolrich-Piña *et al.*, 2006).

Hertz (1992) mencionó que la oferta térmica del hábitat influye en la eficiencia termorreguladora. Evidentemente, los organismos deben mostrar poca o ninguna actividad termorregulatoria siempre y cuando la oferta térmica no les permite alcanzar temperaturas óptimas. Al contrario, en ambientes térmicamente variables, con sitios que les permitan elevar su temperatura y sitios de refrescamiento, las lagartijas tienden a ser termorreguladores eficientes.

Del mismo modo, las lagartijas como animales ectotermos, obtienen calor del ambiente para calentar sus cuerpos. La mayoría de las especies son principalmente heliotermas debido a que casi todo el calor que obtienen del ambiente proviene directamente del sol. Por otro lado, muchas especies nocturnas no tienen oportunidades para asolearse y el

calor que necesitan para elevar la temperatura de sus cuerpos la obtienen especialmente del sustrato (Espinoza & Tracy, 1997).

Huey & Slatkin (1976) mencionan que la termorregulación ocurre a través de ajustes conductuales o fisiológicos. Asumen que estos mecanismos son adaptativos para cada especie, y siempre se presentan para la ganancia o pérdida de calor. La termorregulación puede contener los siguientes mecanismos de termorregulación (Cowles & Bogert, 1944; Huey, 1982):

- a) Exposición directa a los rayos del sol.
- b) Cambios de postura corporal, lo que modifica la superficie corporal expuesta a las fuentes de calor como es sustrato, aire y radiación solar.
- c) Regulación de los tiempos de actividad en días soleados y nublados.
- d) Elección de sitios térmicamente favorables según la temperatura corporal de los organismos.

Por otro lado, la mayoría de las lagartijas diurnas tienden a ser activas en intervalos de tiempo en los que la temperatura del ambiente es la óptima (Martin & Salvador, 1995). Los periodos en los que las lagartijas se mantienen activas durante días soleados suelen ser bimodales en áreas tropicales, donde el calor es más intenso a ciertas horas del día (McConnachie *et al.*, 2009).

Sin embargo, dentro de una misma especie pueden existir diferencias importantes en relación a los retos para regular la temperatura (Estrada, 2013). Gadsen *et al.*, (2005) registraron que el tamaño corporal influye en la tasa de calentamiento y enfriamiento. Además, otros autores sostienen que existen diferencias en la termorregulación entre sexos de la misma especie (Patterson & Davies, 1978; Van Damme *et al.*, 1986), y entre individuos con diferente condición reproductora (Rock *et al.*, 2000). También, se ha registrado que en algunas especies las hembras gestantes presentan temperaturas corporales más bajas que las hembras no gestantes con la finalidad de no comprometer a los embriones (Patterson & Davies, 1978; Van Damme *et al.*, 1986; Smith & Ballinger, 1994). Asimismo, se conoce que la termorregulación de individuos de una misma especie puede variar según la estación del año y la hora del día (Underwood, 1992), debido a los factores como el estatus reproductor, el tipo de actividad y a los cambios en el ambiente como la temperatura, la humedad, la duración del día, las horas de neblina diaria, la disposición de alimento, etc. (Hitchcock & McBrayer, 2006).

Debido a que la eficiencia termorregulatoria varía de especie a especie y sobre todo a la dificultad que representa el evaluarla en una especie o población particular, se han propuesto diferentes protocolos para evaluar como un reptil regula su temperatura corporal.

El criterio de Huey & Slatkin (1976) se basa en una regresión entre la temperatura corporal y la temperatura del aire ( $T_a$ ) o del sustrato ( $T_s$ ). Establece que si el valor de la pendiente es igual o cercano a cero, el organismo tendrá un comportamiento termorregulador, si por el contrario la pendiente es igual o cercana a uno tenderá hacia el termoconformismo. Sin embargo, visto desde otro punto de vista, si las lagartijas tienen mayor relación con las  $T_s$  y las  $T_a$  no siempre significara que no tienen un comportamiento termorregulatorio. Es probable que las lagartijas elijan microambientes adecuados para la ganancia y pérdida de calor (Hertz *et al.*, 1993). El segundo método, y el más usado, es el protocolo de Hertz *et al.*, (1993). A diferencia del anterior es más confiable; y depende de tres variables para ser aplicado:

- Temperaturas corporales ( $T_c$ ) de actividad. Son las temperaturas corporales registradas en campo durante el período de actividad de los organismos.
- Temperaturas operativas ( $T_o$ ). Es la temperatura de equilibrio que las lagartijas alcanzarían en un microhábitat dado. Puede estimarse a través de un modelo físico o biofísico.
- Intervalo de temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ). Es el intervalo obtenido a través de los valores del segundo y tercer cuartil de las temperaturas seleccionadas en un gradiente térmico en laboratorio. Sin embargo, es conveniente dejarlos un tiempo en el terrario para permitir que las lagartijas se familiaricen con el ambiente en donde se realizará el gradiente térmico. Se asume que, en un ambiente de laboratorio, se eliminan todas aquellas presiones selectivas que podrían provocar una variación en las temperaturas seleccionadas.

Así mismo Hertz *et al.*, (1993) proponen calcular los siguientes valores:

1. Índice de exactitud de las temperaturas corporales ( $d_b$ ). Es el valor absoluto de forma individual de la diferencia entre la  $T_c$  y el límite inferior o superior del intervalo de  $T_{sel}$  (dependiendo del valor de  $T_c$ ). Así se obtienen los valores de  $d_b$ , (los valores altos indican poca exactitud y los valores bajos o cercanos a cero indican una buena exactitud en la termorregulación).
2. Índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ). Es la desviación en números absolutos entre las  $T_o$  y las  $T_{sel}$ , como en el índice anterior los valores altos indican baja calidad térmica, y por el contrario los valores bajos implican alta calidad térmica.
3. Eficiencia en la termorregulación ( $E$ ). Se obtiene dividiendo el índice de la exactitud de las temperaturas corporales entre el índice de calidad térmica y restándole la unidad y a diferencia de los anteriores valores cercanos a cero indican baja termorregulación, por otro lado, valores altos (cercanos a uno) implican termorreguladores eficientes.

Sin embargo, Hertz *et al.*, (1993) reconocen que un valor dado de  $E$  puede resultar de una variedad de combinaciones de  $d_b$  y  $d_e$  debido que un cociente está involucrado en el cálculo

de  $E$  (es decir,  $d_b/d_e$ ). Por lo tanto, dos especies pueden enfrentar diferentes ambientes térmicos y exhibir diferentes estrategias termorreguladoras y aun tener el mismo valor de  $E$  (si sus relaciones entre  $d_b$  y  $d_e$  son iguales). Por lo tanto, también es importante considerar los valores de  $d_b$  y  $d_e$  en la interpretación de  $E$ . En un sentido estadístico, los cocientes rara vez son deseables porque son sensibles a valores extremos en el numerador y el denominador (Christian & Weavers, 1996). En resumen, el índice de eficiencia de la termorregulación es problemático ya que:

1. No es posible definirlo si el ambiente térmico es perfecto ( $d_e = 0$ ) (aunque esto es poco probable que suceda en un medio natural).
2. Es imposible la interpretación sin considerar las magnitudes de  $d_b$  y  $d_e$ .
3. Puede dar representaciones inexactas de la ecología térmica de una especie, ya que utiliza un cociente (Blouin-Demers & Weatherhead, 2001).

Debido a esto se han propuesto diferentes modificaciones al índice de eficiencia de la termorregulación. Un ejemplo es el índice de explotación térmica ( $E_x$ ), propuesto por Christian & Weavers (1996), que es la proporción de tiempo en que la  $T_c$  de un organismo cae dentro de las  $T_{sel}$  cuando las condiciones climáticas lo permiten. Sin embargo, este índice requiere el uso de instrumentos de telemetría.

Por lo tanto, también se han sugerido modificaciones más sencillas como el propuesto por Blouin-Demers & Weatherhead (2001) en el que proponen un índice similar al de la eficiencia de la termorregulación, definido como la diferencia entre  $d_e$  y  $d_b$  ( $E = d_e - d_b$ ). Este índice proporciona una escala abierta, en donde los valores negativos representan lagartijas que evitan los hábitats térmicamente favorables, cero representa termoconformistas perfectos, y valores positivos representan animales que termorregulan en algún grado. La magnitud de la diferencia es una medida de que tanto un animal se aleja de la termoconformidad y, por lo tanto, es un índice de la efectividad de la termorregulación.

Por todo lo dicho anteriormente es que el presente trabajo tuvo como objetivo estudiar el comportamiento termorregulatorio de *Sceloporus variabilis* con ayuda de diferentes métodos que esclarezcan en qué grado logra termorregular esta especie en la zona de estudio, así mismo, evaluar si existe similitud en el grado en el que los jóvenes, machos adultos y hembras adultas termorregulan.

## 2. Antecedentes.

Los trabajos realizados por Cowles & Bogert (1944) y Bogert (1949a, b) han sido la base de la mayoría de los estudios sobre la termorregulación en lacertilios.

Ramos (2003) menciona que las especies del género *Sceloporus* son el mejor modelo para realizar trabajos sobre evolución e historias de vida en vertebrados.

Se han realizado diversos trabajos con *Sceloporus variabilis* que implican entre otros: reproducción, tasa metabólica y flujo de agua, (Benabib & Congdon, 1992), reproducción (Benabibi, 1995), ecología alimenticia (Jiménez, 2003), ciclo de vida, (Ramírez-Bautista *et al.*, 2006), hábitos alimenticios y ciclo reproductivo (García, 1989), entre otros. Sin embargo, son pocos los trabajos que reportan temperaturas corporales de actividad de *S. variabilis*, entre los que resaltan:

- Bogert (1959) realizó un trabajo para cuatro especies del género *Sceloporus*: *S. magister*, *S. undulatus*, *S. jarrovi* y *S. variabilis*. Logró demostrar que en diferentes hábitats (entre 0 y 3800 msnm) los miembros de la misma especie o especies emparentadas, muestran una temperatura constante, en distintos ambientes. También demostró que las cuatro especies se desempeñan con la misma eficiencia dentro de los intervalos de 30 a 40°C de temperatura corporal. Sin embargo, mantienen sus temperaturas corporales dentro de los límites 33.5 a 36.5 °C. Así mismo, menciona que la tolerancia de temperaturas juega un papel importante en su distribución. Para *Sceloporus variabilis* reportó una temperatura corporal promedio de 35.4 a una elevación de 800 msnm y 36.9 a una elevación de 150 msnm.
- Andrews (1998) recopiló las temperaturas corporales promedio de 18 especies del género, incluyendo dos trabajos de *Sceloporus variabilis*, uno es el trabajo ya mencionado de Bogert (1959) y el otro es un trabajo que reporta una temperatura corporal promedio de 33.4 a 1000 msnm y 34.5 a 45 msnm (Benabib, citado por Andrews, 1998).
- Altamirano (1992) reportó el ciclo de actividad y el uso de espacio en tres lagartijas simpátricas en una zona de dunas costeras en Alvarado, Veracruz. En este trabajo incluyó a *Sceloporus variabilis*. Con relación al patrón de actividad de ésta especie, determinó que en días soleados es bimodal, mientras que en días nublados tiende a ser unimodal, donde la mayor actividad se presenta a medio día en un intervalo de temperatura de 21-34°C.

En resumen, hasta la fecha los estudios realizados solo se han enfocado en recopilar temperaturas corporales de actividad, sin embargo, no se ha realizado ningún estudio que aborde la ecología térmica de *Sceloporus variabilis* con métodos que integren la oferta térmica del ambiente con la termorregulación de la especie, y en particular, no se conoce nada acerca de la biología de la población estudiada en el presente trabajo.

### 3. Descripción de la especie.

Las lagartijas asignadas a la especie *Sceloporus variabilis* son de tamaño mediano ~ 6 cm de longitud hocico cloaca. De forma característica, tienen líneas claras o amarillas a lo largo del cuerpo, las cuales inician detrás de los ojos y terminan en la base de la cola. Éstas son visibles desde crías. El cuerpo es de color gris a pardo, presentan una bolsa dérmica posfemoral y series de poros femorales separados por diez escamas. Tienen un dimorfismo sexual marcado; en los machos adultos la región gular es color rojo brillante y presentan parches ventrales con colores llamativos (rosa y amarillo), además de tener dos escamas post-anales, por otro lado, las hembras adultas no presentan parches ni escamas post anales, pero la región gular puede ser de color naranja. Las escamas del cuerpo son pequeñas, no están fuertemente quilladas y son visiblemente menos coloridas que los machos (Fig. 1) (CONABIO, 2011).

*Sceloporus variabilis* presenta una reproducción continua, aunque algunos especímenes muestran evidencias de nidadas en los meses de Junio a Enero con excepción del mes de Septiembre, es estrictamente ovípara (García-Collazo *et al.*, 1993) y la talla media de las hembras con actividad reproductora es de 45 mm (Benabib, 1994), aunque se han registrado hembras con una talla de 43.8 mm en la misma condición (García-Collazo *et al.*, 1993).



Figura 1. *Sceloporus variabilis*. Hembra adulta (parte superior) y macho joven (parte inferior).

#### 4. Distribución

Savage (2002) reportó que la especie bajo estudio se distribuye desde el sur de Texas hasta Nicaragua. En México se encuentra en los estados de Coahuila, Campeche, Chiapas, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Guanajuato, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Fig. 2) (Smith & Smith, 1976; Sites & Dixon, 1982; Mendoza-Quijano *et al.*, 1998; Flores-Villela & Pérez-Mendoza, 2006). Sobrevive en ambientes tan diversos como bosques mesófilo de montaña, bosques de coníferas, bosques tropicales y matorral xerófilo y su intervalo de altitud oscila entre 0 a 2500 msnm (Flores-Villela & Gerez, 1994).

### *Distribución de Sceloporus variabilis*

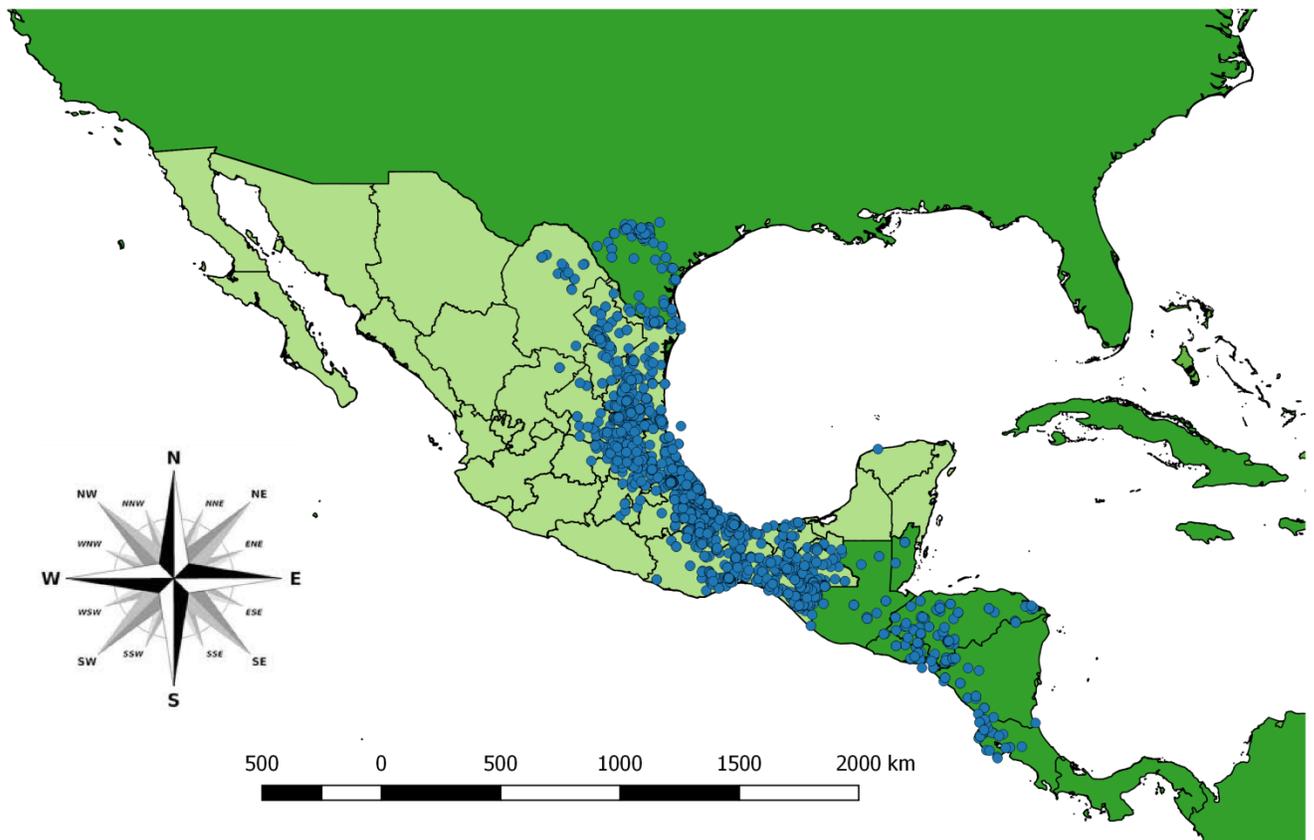


Figura 2. Distribución geográfica de *Sceloporus variabilis*, (GBIF, 2018; QGIS, 2018)

## **5. Justificación.**

La termorregulación es esencial para comprender la ecología y la distribución de las especies, y esto se acentúa en los reptiles (Huey 1982; Shine & Kearney, 2001). Evidentemente, involucra tiempo y energía, y puede aumentar el riesgo de depredación. En consecuencia, el conocimiento de diferentes temas relacionados con la termorregulación puede ayudar a comprender otros procesos de la biología de los reptiles, tales como, reproducción, desarrollo embrionario, éxito de puesta, digestión, periodo de actividad, depredación, entre otros. Por lo tanto, realizar trabajos sobre la ecología térmica en *Sceloporus variabilis* son necesarios e indispensables para comprender mejor aspectos evolutivos, fisiológicos y de su ecología en general.

## **6. Hipótesis.**

Paso Canoa presenta una vegetación de bosque tropical perennifolio que tiene un ambiente térmicamente heterogéneo, ya que cuenta con sitios de calentamiento (sol directo) y sitios de enfriamiento (sombra). Por lo tanto, se espera que Paso Canoa presente una oferta térmica conveniente para la termorregulación, y que *S. variabilis* sea un termorregulador eficiente.

## 7. Objetivos.

### 7.1 General.

- Contribuir al conocimiento de la ecología térmica en una población de *Sceloporus variabilis* en una comunidad de bosque tropical perennifolio en los alrededores de Paso Canoa, Oaxaca.

### 7.2 Particulares.

1. Estimar el promedio de temperaturas corporales de actividad de *S. variabilis*.
2. Definir el intervalo de temperaturas seleccionadas ( $T_{sel}$ ) de *S. variabilis*, registradas en un gradiente térmico elaborado en laboratorio.
3. Evaluar la exactitud, y eficiencia con la que *S. variabilis* termorregula.

## 8. Método.

### 8.1 Descripción de la zona de estudio.

La población que se estudió se localiza al norte del estado de Oaxaca, en los alrededores de la localidad de Paso Canoa en las coordenadas  $18^{\circ} 0' 31.1''$  N. y  $96^{\circ} 15' 25.8''$  O, en el Distrito de Tuxtepec, Municipio de San Juan Butista Tuxtepec. Colinda con los ejidos de Santa Úrsula al sureste, San Lucas Ojtlán al noroeste, Parque Paso Canoa al este, al oeste con las presas Cerro de oro y Miguel de la Madrid, al sur se encuentra delimitado por el rio Papaloapan (Fig. 3).

### Municipio de San Juan Bautista Tuxtepec

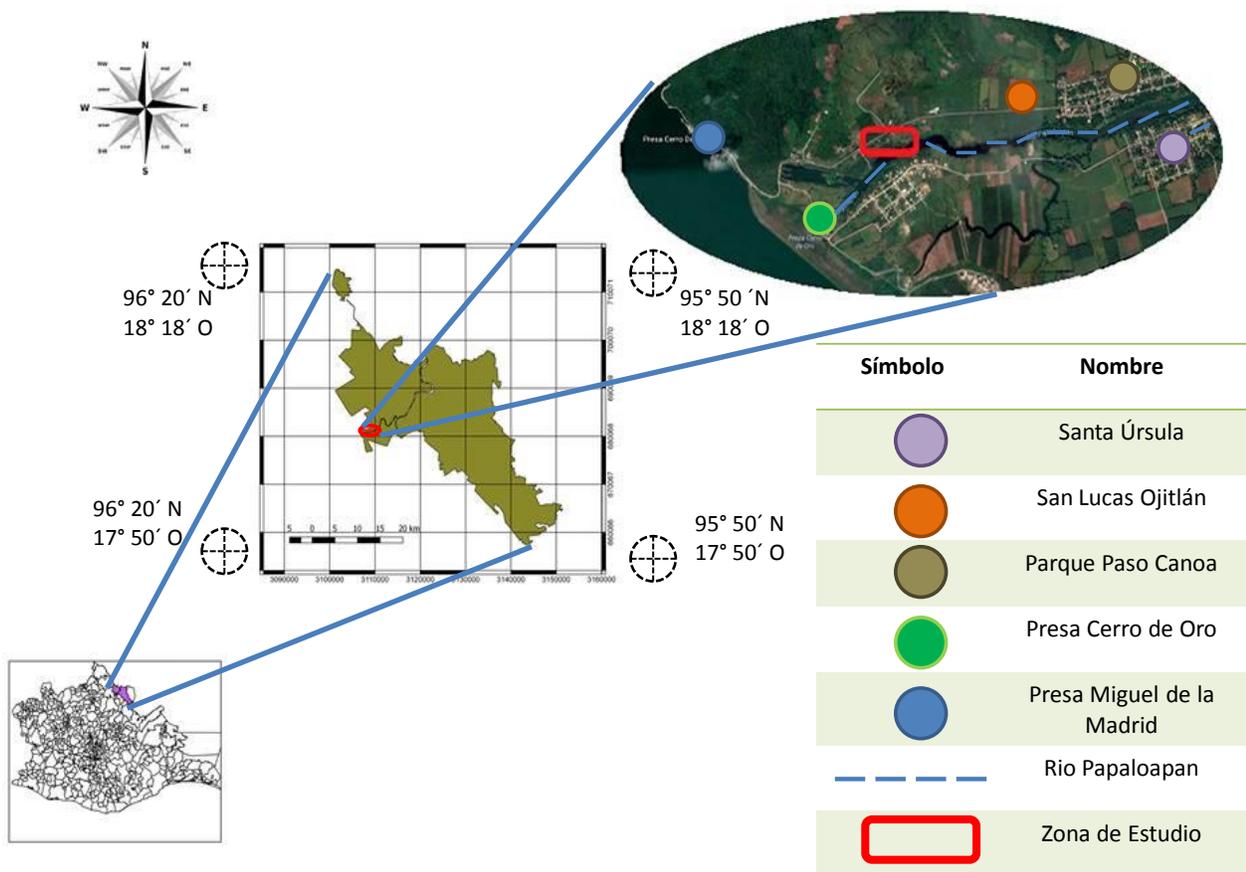
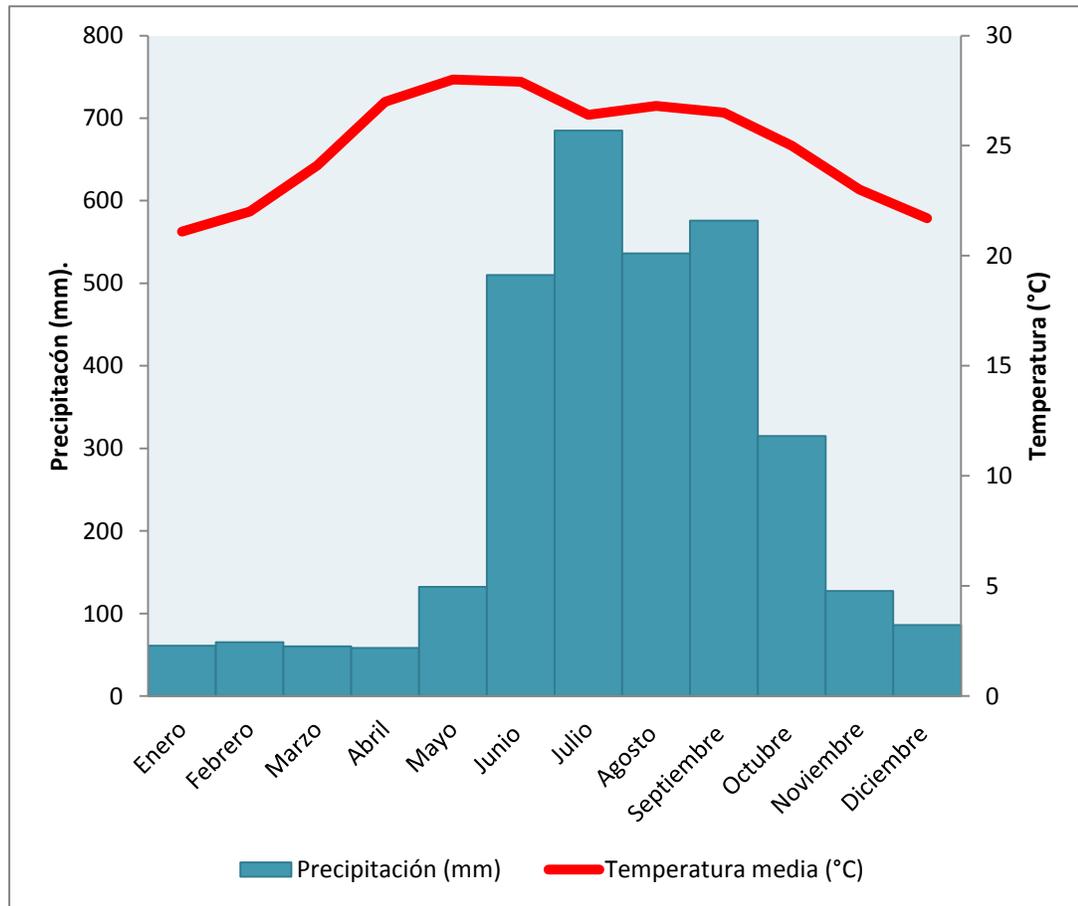


Figura 3. Localización espacial de la zona de estudio (rectángulo en color rojo). Se muestra la ubicación georreferenciada (cuadro en la parte central) del área de estudio, así como las localidades aledañas. (QGIS, 2018; Google, 2018; INEGI, 2018).

Su clima es Am(w´´) (i)g (García, 1973), es decir, subtipo cálido húmedo, con abundantes lluvias en verano, la época más seca se presenta en invierno y la época con mayor precipitación se presenta en verano. La temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano, específicamente a finales de mayo y principios de junio (Fig. 4) y los vientos de la región son los alisios provenientes del Golfo de México. (INEGI, 2005).



**Figura 4. Gráfica de precipitación (barras azules) y temperatura (línea roja) para el área de estudio (Paso Canoa). Recuperado de CLIMATE-DATA.ORG.**

Presenta una vegetación de bosque tropical perennifolio (Rzedowsky, 2006). El suelo es comúnmente usado para agricultura; existe una amplia industria de plantaciones de caña, así mismo, las zonas explotadas en agricultura se convierten en zonas de pastizales para alimentación de ganado (INEGI, 2005). Se encuentra especies tales como ámate, higo, guapinol, aguacatillo, roble, cedro, lináloe, palma, ceiba, hormiguillo, primavera, caña y pastizales (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2002).

Según pobladores de la localidad, en el área se encuentran varias construcciones que estuvieron habitadas, las cuales tuvieron que ser abandonadas para evitar la contaminación del agua en el río Papaloapan que desemboca en la presa Miguel de la Madrid. En la actualidad, estas construcciones son inhabitables para humanos debido al paso del tiempo, sin embargo, los restos y escombros de estas viviendas son refugios excelentes para una gran cantidad de organismos, incluyendo *Sceloporus variabilis*, son utilizadas por estas lagartijas como espacios para termorregular (en sombra dentro de las casas y al sol en las paredes expuestas de la misma (observación personal) (Fig. 5).



**Figura 5. Casa abandonada en la zona de estudio.**

## **8.2 Trabajo de campo**

De marzo a septiembre de 2015 se realizaron 6 salidas mensuales al área de estudio con una duración de 4 días por salida y la ayuda de 6 personas, con el fin de recolectar organismos. Las lagartijas se capturaron manualmente y mediante el uso de ligas anchas y redes de captura. El método manual se utilizó en aquellos casos en los que se sorprendió o acorraló al ejemplar, de modo que pudiera atraparse con la mano. Así mismo, se utilizaron ligas anchas en los casos de lagartijas que se observaron en lugares que faciliten su escape. Por ejemplo, sitios relativamente altos o cercanos a algún refugio. La estrategia consistió en lanzarles a los animales un par de ligas anchas (amarradas en sus extremos) con el fin de aturdirlos y facilitar su captura con la mano (Fig. 6).

Las redes de captura fueron útiles en situaciones particulares, por ejemplo, en lugares planos o cuando una lagartija se encontró en un sitio poco propicio para el uso de la liga (V. gr., cerca de un barranco o en áreas inaccesibles) (Fig. 7).



**Figura 6. Ligas amarradas, utilizadas para aturdir a las lagartijas.**



**Figura 7. Red de captura utilizada para capturar a los organismos.**

En este trabajo se utilizaron el protocolo de Hertz *et al.*, (1993) y el criterio de Huey & Slatkin (1976), que como se mencionó anteriormente requieren de temperaturas de campo, tales como temperaturas corporales y temperaturas operativas, así como temperaturas de sustrato y aire, por tal motivo se obtuvieron estas temperaturas de la siguiente manera:

### **8.2.1 Temperaturas corporales en campo ( $T_c$ ).**

Todas las temperaturas fueron tomadas con un termómetro digital de contacto con velocidad de respuesta modelo FLUKE 53-II B y precisión de  $0.1^{\circ}\text{C}$  equipado con un termopar tipo K. La punta sensible a la temperatura (Fig. 8) del termopar se introdujo con cuidado en la cavidad cloacal de la lagartija, para obtener así la temperatura corporal ( $T_c$ ). No se tomó en cuenta la temperatura del organismo si paso más de un minuto desde su observación a su captura. La medición se tomó a la sombra para evitar la influencia de la radiación solar en el registro de temperatura. Si bien se capturaron algunas lagartijas en días nublados y lluviosos, no se tomaron en cuenta los datos correspondientes ya que el análisis del comportamiento termorregulatorio requiere de datos de organismos en actividad (las pocas lagartijas capturadas en estos días se encontraron dentro de refugios).



**Figura 8. Termómetro digital FLUKE® 53-II B equipado con un termopar tipo K.**

Para realizar el Criterio de Huey & Slatkin (1976) se anotaron temperaturas del suelo o sustrato ( $T_s$ ) en el que se vio la lagartija por primera vez y Temperatura del aire ( $T_a$ ) (a 1 cm de altura aproximadamente del sustrato).

Posterior a la captura y la toma de datos de temperatura, se registraron los siguientes datos:

1. Numero de ejemplar.
2. Sexo.
3. Tiempo meteorológico. El tempo en el que se encontraba el día en general (Nublado o soleado)
4. Hora de captura.
5. Sol/sombra. Si la lagartija se encontraba al sol directo o a sombra al momento de la observación.
6. Microhabitat. Tipo de sustrato en el que se encontró la lagartija al momento de la observación.
7. Fecha de la captura.

### **8.2.1 Temperaturas operativas ( $T_0$ ).**

Se usaron modelos físicos de cobre (previamente calibrados en laboratorio) para medir las temperaturas operativas, estos fueron usados en la zona de estudio, (Hertz *et al.*, 1993). El modelo tuvo un tamaño de 6 cm, similar a la longitud hocico-cloaca promedio de las lagartijas. Estos modelos fueron puestos en microhábitats en donde se observaron

lagartijas con anterioridad, simulando una lagartija comportándose de manera termoconformista, se midió la temperatura del modelo cada 15 min.

### **8.3 Trabajo de laboratorio.**

#### **8.3.1 Temperaturas Seleccionadas ( $T_{sel}$ ).**

Para poder determinar las temperaturas seleccionadas por una lagartija en un gradiente térmico de laboratorio, es necesario eliminar todas aquellas presiones selectivas que afecten los patrones de comportamiento dedicados a la regulación de la temperatura (Hertz *et al.*, 1993). Por este motivo se elaboró un gradiente térmico el cual permite a las lagartijas elegir temperaturas que ellas prefieran.

Se preparó un terrario que tuvo de sustrato arena de construcción, en una pecera con medidas de 100 x 40 x y 40 de alto. Para elaborar el gradiente térmico se colocó hielo en la parte inferior de uno de los extremos de la pecera, para alcanzar temperaturas bajas (cerca a 18° C), y del lado contrario se instalaron cuatro focos de 60W, los cuales calentaron el gradiente para alcanzar las temperaturas altas (40° C).

Así mismo, se colocó una separación para de este modo tener dos carriles, (esto con la finalidad de realizar dos experimentos a la vez) (Fig. 9).

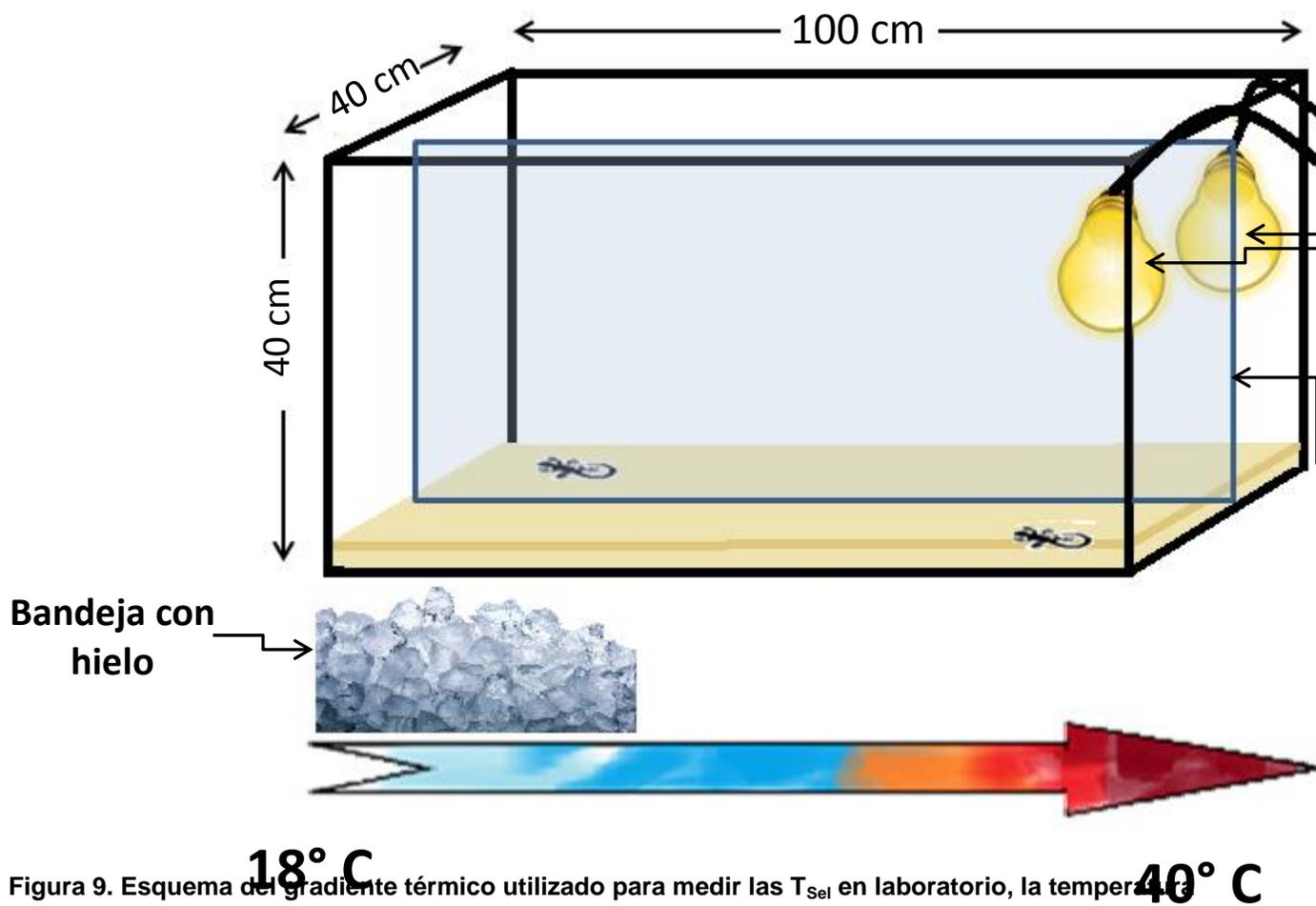


Figura 9. Esquema del gradiente térmico utilizado para medir las  $T_{sel}$  en laboratorio, la temperatura más baja del sustrato fue alrededor de 18° C y la más alta a 40° C.

Para que las lagartijas no tuvieran un sesgo de aclimatación inmediata se dejaron dos horas en el terrario. Después de esas dos horas se procedió a tomar temperaturas corporales cada media hora evitando ser molestadas en cada intervalo de tiempo.

A cada lagartija se le realizó una repetición al siguiente día a la misma hora de modo que se obtengan diez datos. Sin embargo, con el fin de eliminar valores atípicos, se eliminaron los cuartiles extremos de las temperaturas corporales registradas.

Los organismos sometidos al experimento se pesaron con una balanza digital US-ACE, con precisión de 0.01g y se midió la longitud hocico cloaca con un vernier digital de 6" milimétrico y estándar Trupper CALDI-6MP con precisión de 0.01 mm, tomando como inicio de la medida la punta del hocico de la lagartija y como final del recorrido la base de la cloaca.

#### **8.4 Método estadístico.**

Con el fin de detectar similitudes y diferencias intraespecíficas en los parámetros considerados (peso corporal, longitud hocico cloaca, temperaturas registradas en campo y temperaturas obtenidas en el laboratorio), se segregaron los organismos en tres grupos, jóvenes (Benabib, 1994), y hembras y machos adultos.

Se realizaron pruebas de Shapiro-Wilk y estimaciones de densidad por Kernel (EDK) a los datos para determinar si cumplían los supuestos de normalidad. Los datos que no cumplieron dichos supuestos se realizaron pruebas no paramétricas. A cada grupo de datos se calcularon el promedio, el error estándar y el intervalo de variación.

Se realizó una prueba t de student para detectar posibles diferencias estadísticas en los valores promedio de la longitud hocico cloaca de hembras y machos adultos. Se realizó un análisis de covarianza para someter a prueba la hipótesis nula de igualdad en los pesos corporales promedio de machos y hembras adultas. Se consideró a longitud hocico cloaca como covariable y al peso como variable dependiente.

En el caso de comparaciones que involucraron más de dos grupos se realizaron análisis de variancia de una vía (ANOVAs) en aquellos casos que se probara la normalidad y homocelastividad de los datos, en caso contrario se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis, para detectar posibles diferencias significativas en los valores promedio de los parámetros térmicos considerados (V. gr., temperatura corporal, temperatura del sustrato, etc). También se realizaron comparaciones pareadas para evaluar similitudes y diferencias en parámetros térmicos entre estaciones (época seca y lluviosa). En este caso se utilizaron pruebas de t de Student o de Mann-Witney (cuando los datos no cumplieron los supuestos de las pruebas paramétricas).

En todas las pruebas estadísticas se consideró un nivel de significancia de 0.05. El manejo de los datos y las pruebas estadísticas se realizaron con la ayuda de los programas Microsot Excel, 2007; Statgraphics Centurion XV, 2009; Statistica 7, 2004; y Stata 11, 2009.

#### **8.5 Ecología térmica.**

Se utilizó el criterio de Huey & Slatkin (1976) con el fin de evaluar de manera preliminar si *Sceloporus variabilis* exhibe algún comportamiento termorregulatorio. Posteriormente, se estimó la eficiencia termorregulatoria de esta especie mediante el protocolo de Hertz *et al.*, (1993) y el criterio de Blouin-Demers & Weatherhead (2001). También, dado que no se registraron temperaturas corporales por telemetría, se utilizó una variante simplificada del índice de explotación propuesta por Christian & Weavers (1996) para evaluar la eficiencia termorregulatoria. Esta variante determina el porcentaje de lagartijas que logran mantener sus temperaturas corporales dentro de su intervalo de temperaturas óptimas, en

condiciones climáticas favorables a lo largo del día, en este estudio se le llamará actividad y  $T_{sel}$ .

### **8.5.1 Criterio de Huey & Slatkin, 1976.**

Este criterio propone la realización de regresiones lineales para determinar que tanto depende la  $T_c$  de la temperatura de su ambiente. En consecuencia, se realizaron regresiones lineales mediante el método de mínimos cuadrados para las siguientes parejas de variables: I) temperatura corporal ( $T_c$ ) vs temperaturas del aire ( $T_a$ ) II) Temperatura corporal vs temperatura del sustrato ( $T_s$ ). Se realizaron regresiones para cada grupo considerado y para las épocas seca y de lluvias. Si el valor de la pendiente fue igual o cercano a cero se consideró a los organismos como termorreguladores activos.

Sin embargo, este criterio no considera el hecho de que la temperatura del aire o del sustrato no son los únicos factores biofísicos que afectan la temperatura corporal del organismo (Hertz *et al.*, 1993). Por lo tanto, algunas veces puede conducir a inferencias sesgadas. De acuerdo al criterio de Huey & Slatkin (1976) si la pendiente es igual o cercana a uno se consideró a los organismos como termocoformistas. No obstante, como señalan Hertz *et al.*, (1993), se puede obtener una pendiente de uno si los organismos eligen su sustrato por sus propiedades térmicas. En consecuencia, en este estudio se considera que el criterio de Huey & Slatkin (1976) no permite descubrir organismos termoconformistas. Por lo tanto, se utilizaron otros criterios que respaldaron la termorregulación activa. Se asumió termorregulación activa si la varianza en las temperaturas corporales es mucho menor que la varianza en las temperaturas ambientales (del aire y del sustrato). También, si la pendiente de la recta obtenida refleja que las temperaturas corporales estuvieron por arriba de las temperaturas del ambiente se asumió que los organismos obtienen calor por medio de la radiación solar (Angilletta Jr., 2009).

### **8.5.2 Protocolo de Hertz *et al.*, 1993.**

Este método requiere calcular los índices  $d_b$ ,  $d_e$  y  $E$ . El primero se calculó obteniendo las diferencias entre el valor absoluto de las  $T_c$  y  $T_{sel}$ , si el valor de  $T_c$  se encontró por debajo del intervalo  $T_{sel}$  la diferencia es con el mínimo correspondiente de  $T_{sel}$ , Si por el contrario la  $T_c$  se encuentra por arriba del intervalo de  $T_{sel}$  la diferencia se realiza con el valor máximo del intervalo  $T_{sel}$ , en los casos en que  $T_c$  se encuentre dentro de los valores del intervalo  $T_{sel}$ , tiene un valor de cero. Posteriormente se promediaron los resultados. De este modo, valores bajos (ceranos a cero) del promedio de  $d_b$  indican una alta exactitud de la termorregulación. Por otro lado, valores altos sugieren una baja exactitud, e incluso que los

organismos difícilmente alcanzan las temperaturas corporales en donde mantengan un 100% fisiológico.

El índice de calidad térmica del ambiente,  $d_e$ , se calculó de la misma manera que el índice anterior ( $d_b$ ), solo que la  $T_c$  se reemplaza por la  $T_o$ . En donde los valores altos indican una baja calidad térmica del hábitat y los bajos o cercanos a cero una alta calidad térmica del hábitat.

E se calculó dividiendo los promedios de  $d_b$  y  $d_e$  y restándole 1 ( $E=1-(d_b/d_e)$ ), en este contexto una E cercana o igual a cero indica baja eficiencia de la termorregulación (termoconformismo), y por el contrario una E cercana a uno indica una alta eficiencia de la termorregulación.

Aunado a estos índices se calculó un índice adicional (efectividad de la termorregulación) propuesto por Blouin-Demers & Weatherhead (2001) que es similar al índice de Eficiencia de la termorregulación en el que se compara la  $d_e$  y la  $d_b$ . Sin embargo, en este caso el procedimiento es una diferencia ( $E= d_e-d_b$ ) esto con el fin de poder comparar los resultados de una mejor manera con otros trabajos que también utilicen este índice en ambientes similares, de este modo valores negativos indican que la lagartija evita ambientes térmicamente favorables, valores cercanos o iguales a cero indican que la lagartija es termoconformista y valores positivos representan lagartijas que termorregulan en algún grado. A esta modificación del índice de eficiencia de la termorregulación se le llamó efectividad en este trabajo.

### 8.5.3 Actividad y $T_{sel}$

Para finalizar, se compararon los periodos de actividad, la frecuencia de  $T_c$  que cayeron dentro del intervalo de  $T_{sel}$  en cada intervalo de actividad y el porcentaje de temperaturas que no se encontraron dentro del intervalo de temperaturas óptimas (tanto para el límite superior como el límite inferior) de cada periodo de tiempo de las lagartijas recolectadas en días completamente soleados. Esto con el fin de determinar en qué horarios *Selaporus variabilis* tiene mayor actividad durante el día, así mismo, para conocer en qué horarios logran mantener mejores temperaturas óptimas y poder determinar si el calentamiento o enfriamiento pueden ser limitantes al mantener temperaturas corporales fuera del intervalo seleccionado.

## 9. Resultados.

### 9.1 Peso y LHC.

Se registraron datos de temperatura a un total de 52 organismos; 29 hembras (21 adultas y 8 jóvenes) y 23 machos (18 adultos y 5 jóvenes). Los promedios  $\pm$  1ES e intervalos de variación (entre paréntesis) del peso y longitud hocico cloaca (LHC) de los 52 organismos fueron  $6.18 \pm 0.53$  g (0.38-14.64) y  $53.86 \pm 0.24$  mm (11.22-76.52) respectivamente. El grado de dimorfismo sexual ( $\sigma/\text{♀}$ ) para el LHC fue de 1.18.

Los machos adultos presentaron un peso promedio de  $10.14 \pm 0.56$  g (4.39-14.64), así mismo las hembras adultas tuvieron en promedio pesaron  $6.15 \pm 0.46$  g (4.4-10.9). Esta diferencia en el peso fue estadísticamente significativa, ( $t=-5.44$ ;  $gl=17$   $p=0.0001$ ). El promedio del LHC para machos y hembras fue de  $68.07$  mm  $\pm$   $0.73$  (50.36-76.52) y  $57.51$  mm  $\pm$   $0.52$  (47.98-74.92) respectivamente. Estas diferencias también fueron significativas ( $t=5.23$ ,  $gl=3$   $p=0.0001$ ) con los machos los más grandes y pesados que las hembras. El grado de dimorfismo sexual ( $\sigma/\text{♀}$ ) para el peso fue de 1.81.

Los jóvenes tuvieron un peso y LHC promedio de  $1.67 \pm 0.27$  g (0.38-3.07 g) y  $2.83 \pm 0.29$  mm (11.22-45.0) respectivamente.

El ANCOVA (con el LHC como covariante) mostró diferencias estadísticamente significativas entre los pesos corporales promedios de machos y hembras adultos ( $F=9.38$ ;  $gl=1$   $p=0.0042$ ).

## 9.2 Temperaturas corporales de actividad.

La población de *Sceloporus variabilis* en este estudio tuvo una  $T_c$  promedio de  $35.4 \pm 0.31$  °C (30.6-40.7), así mismo, la  $T_s$  y la  $T_a$  tuvieron un promedio de  $33.92 \pm 0.52$  °C (22.9-41.9) y  $33.70 \pm 0.53$  °C (22.6-42.5) respectivamente (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Promedios  $\pm$  1ES e intervalos de variación (entre paréntesis) para  $T_c$ ,  $T_s$  y  $T_a$  para cada grupo (machos, hembras y jóvenes) de *Sceloporus variabilis*.**

Grupo.	N	$T_c$ (°C)	$T_s$ (°C)	$T_a$ (°C)
<b>Machos</b>	17	$35.54 \pm 0.38$ (32.6-38.5)	$34.17 \pm 0.92$ (22.9-39.1)	$33.32 \pm 0.82$ (22.6-36.9)
<b>Hembras</b>		$35.73 \pm 0.60$ (30.6-40.7)	$34.08 \pm 0.9$ (28.6-40.5)	$34.80 \pm 0.95$ (29.3-42.5)
<b>Jóvenes</b>	13	$34.81 \pm 0.60$ (31.6-38.7)	$33.37 \pm 0.88$ (28.3-41.9)	$32.6 \pm 0.96$ (26.9-39.2)
<b>General</b>	49	$35.42 \pm 0.31$ (30.6-40.7)	$33.92 \pm 0.52$ (22.9-41.9)	$33.7 \pm 0.53$ (22.6-42.5)

Los Jóvenes fueron los organismos que tuvieron las temperaturas más bajas, seguido por los machos, el promedio de temperatura más alto fue registrado para las hembras (cuadro 1). Las  $T_c$  entre los grupos no fueron significativamente diferentes ( $F= 0.71$ ;  $gl = 48$ ,  $p= 0.145$ ).

No se encontraron diferencias significativas en los tres grupos, tanto para la  $T_s$  ( $F = 0.2$ ;  $gl = 48$ ,  $p = 0.8183$ ) ni para la  $T_a$  ( $F = 1.49$ ;  $gl = 48$   $p = 0.2365$ ) .

La  $T_c$  fue mayor que la  $T_s$  y que la  $T_a$ , estas diferencias fueron significativas ( $F = 3.98$ ;  $gl = 146$   $p = 0.0208$ ), una prueba post hoc de Bonferroni determinó que las temperaturas corporales fueron significativamente diferentes que las del sustrato ( $p = 0.076$ ) y que las del aire ( $p = 0.032$ ), las  $T_s$  y las  $T_a$  no tuvieron diferencias significativas ( $p = 1.00$ ).

La  $T_c$  promedio fue mayor en la épocas de lluvia ( $n = 20$ ) y seca ( $n = 29$ ) con excepción de los jóvenes donde la  $T_c$  fue mayor en época de lluvias (Cuadro 2). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambas temporadas ( $t = 1.0368$ ;  $gl = 47$   $p = 0.3052$ ).

**Cuadro 2. Resumen estadístico de las  $T_c$  para las épocas de lluvia y secas por grupo y para la población en general. Se muestran los promedios  $\pm 1$  ES e intervalos de variación (entre paréntesis).**

Grupo	$T_c$ Lluvias ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_c$ Secas ( $^{\circ}\text{C}$ )
Machos	$33.63 \pm 0.89$ (32.6-34.2)	$35.95 \pm 0.34$ (32.8-38.5)
Hembras	$35.28 \pm 1.11$ (30.6-40.7)	$36.05 \pm 0.61$ (32.1-40.7)
Jóvenes	$35.27 \pm 0.72$ (31.9-38.7)	$33.77 \pm 1.02$ (31.6-36.5)
Población	$35.03 \pm 0.55$ (30.6-40.7)	$35.7 \pm 0.36$ (31.6-40.7)

No se encontraron diferencias significativas en la época de lluvias entre grupos ( $F = 0.5919$ ;  $gl = 19$   $p = 0.209$ ). Para la época de secas tampoco se encontraron diferencias significativas ( $F = 2.44$ ;  $gl = 28$   $p = 0.283$ ).

Se registraron temperaturas corporales de 27 lagartijas observadas al sol y 22 a la sombra, El promedio de temperaturas corporales de las lagartijas observadas al sol fue de  $35.67 \pm 0.39$   $^{\circ}\text{C}$  (32.4-40.7) y el promedio de  $T_c$  para las lagartijas observadas a la sombra fue de  $35.11 \pm 0.50$   $^{\circ}\text{C}$  (30.6-38.7), no existieron diferencias significativas ( $t = -0.4992$   $gl = 36.47$   $p = 0.3814$ ).

Los promedios de la  $T_c$  de las lagartijas observadas al sol por grupo fueron de  $36.28 \pm 0.96$   $^{\circ}\text{C}$  (33.1-40.7) para las hembras,  $35.55 \pm 0.47$   $^{\circ}\text{C}$  (32.7-37.9) para los machos y  $34.9 \pm 0.71$   $^{\circ}\text{C}$  (32.4-36.5) para los jóvenes. Las diferencias en los promedios de las  $T_c$  no fueron significativas ( $F = 0.83$ ;  $gl = 25$ ,  $p = 0.4491$ ).

Los promedios de  $T_c$  registradas en las lagartijas observadas a la sombra para hembras, machos y Jóvenes fueron  $35.12 \pm 0.69$   $^{\circ}\text{C}$  (30.6-38.5),  $35.55 \pm 0.77$   $^{\circ}\text{C}$  (38.5-32.8) y  $34.74$

$\pm 0.99$  °C (31.6-38.7) respectivamente. Las  $T_c$  promedio no mostraron diferencias significativas ( $F = 0.18$ ;  $gl = 21$   $p = 0.846$ ).

### **9.3 Ecología térmica.**

#### **9.3.1 Criterio de Huey & Slatkin, 1976.**

Las rectas de regresión para  $T_c$  vs  $T_s$  y  $T_c$  vs  $T_a$  al considerar los datos de todos los ejemplares recolectados tuvieron pendientes cercana a cero (Fig. 10). Se observó un patrón similar en el caso de las rectas obtenidas para cada uno de los grupos analizados. Entre grupos, las hembras tuvieron valores altos tanto en  $T_a$  como en  $T_s$ , los jóvenes tuvieron valores altos únicamente en  $T_c$  vs  $T_s$  (Figs. 11, 12 y 13). Las pendientes más altas corresponden a las rectas de la época de secas:  $\beta = 0.3$  y  $0.4$  para las parejas  $T_c$  vs  $T_a$  y  $T_c$  vs  $T_s$  (Fig.14), en la época de lluvias las pendientes fueron bajas en comparación con la época de secas para ambas regresiones (Fig. 15). Sin embargo, en ningún caso los valores fueron lo suficientemente elevados como para demostrar una influencia notable del ambiente sobre el calentamiento de los organismos (Cuadro 3).

Las varianzas de los grupos examinados fueron desde 2.55 para los machos adultos hasta 6.93 para las hembras adultas (Cuadro 3). Esto sugiere que la precisión con la que *Sceloporus variabilis* regula su temperatura varía tanto entre los grupos examinados como entre la época seca y lluviosa. Los machos adultos mostraron una mayor precisión en la termorregulación que los jóvenes o las hembras adultas. Asimismo, la precisión termorregulatoria parece ser mayor en la época seca que en la húmeda (Cuadro 3). Por otro lado, en todos los casos (en los tres grupos y las dos estaciones) las varianzas en las temperaturas corporales fueron menores que las varianzas en las temperaturas ambientales (del aire y sustrato).

Las alturas de las rectas de regresión (Figs. 10 a 14) muestran que las temperaturas corporales fueron más altas que las temperaturas del aire y del sustrato, lo que indica que los organismos deben obtener calor a partir de fuentes distintas a las del microambiente de su sustrato (V. gr., por asoleamiento).

En resumen, los valores de las pendientes de las rectas, la altura de la recta y las varianzas de las temperaturas corporales, del sustrato y del aire, sugieren que los organismos termorregulan para mantener temperaturas corporales beneficiosas, sin importar edad, sexo o estacionalidad.

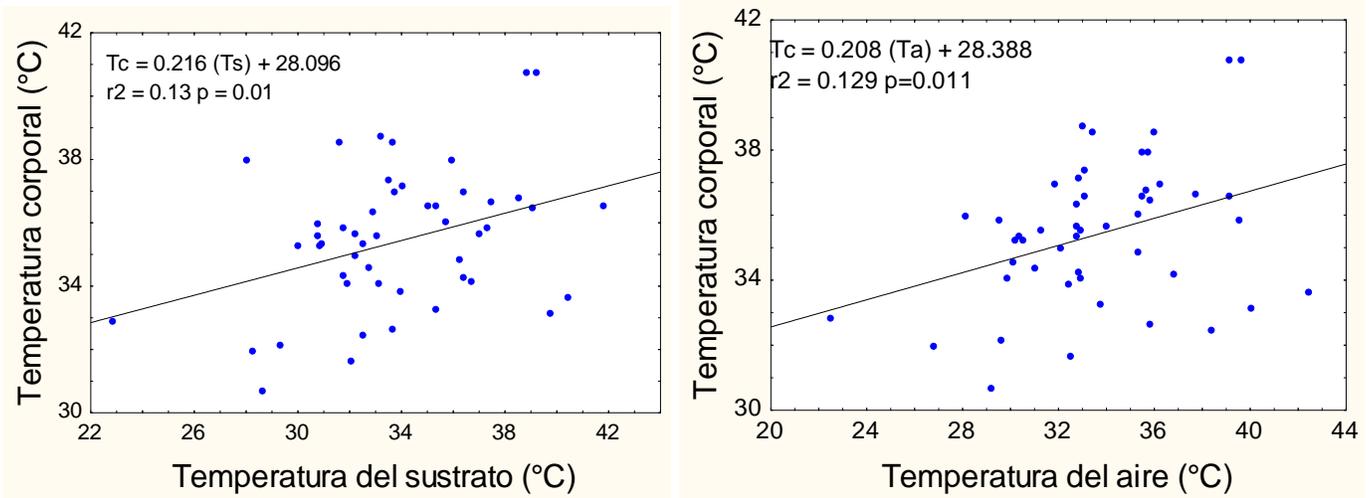


Figura 10. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para la muestra de *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.

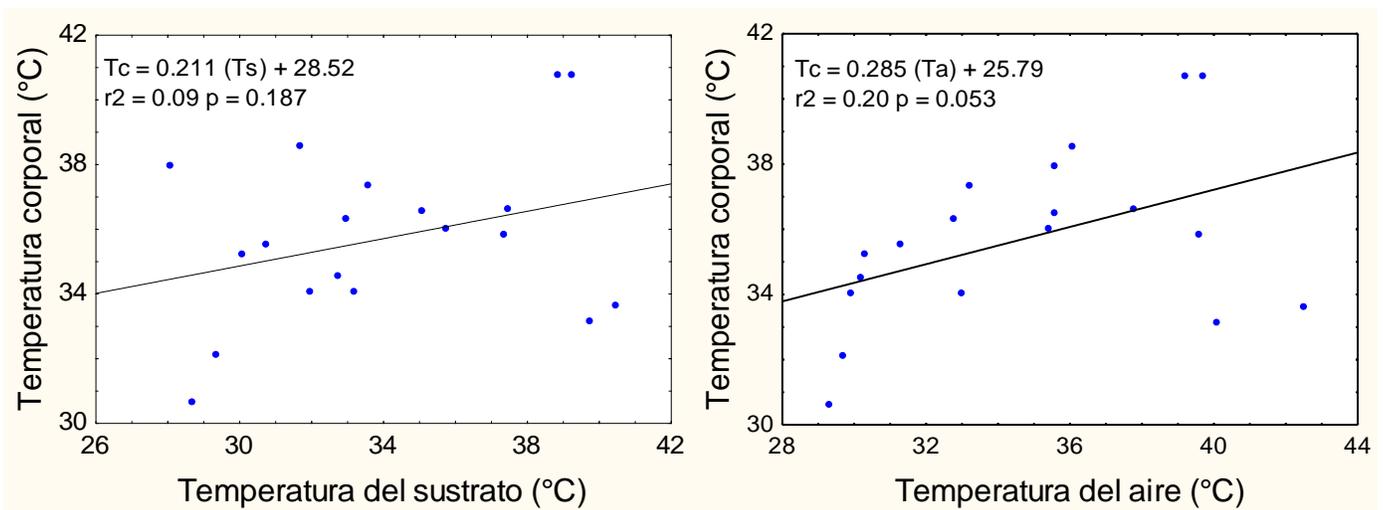


Figura 11. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para las hembras adultas de *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.

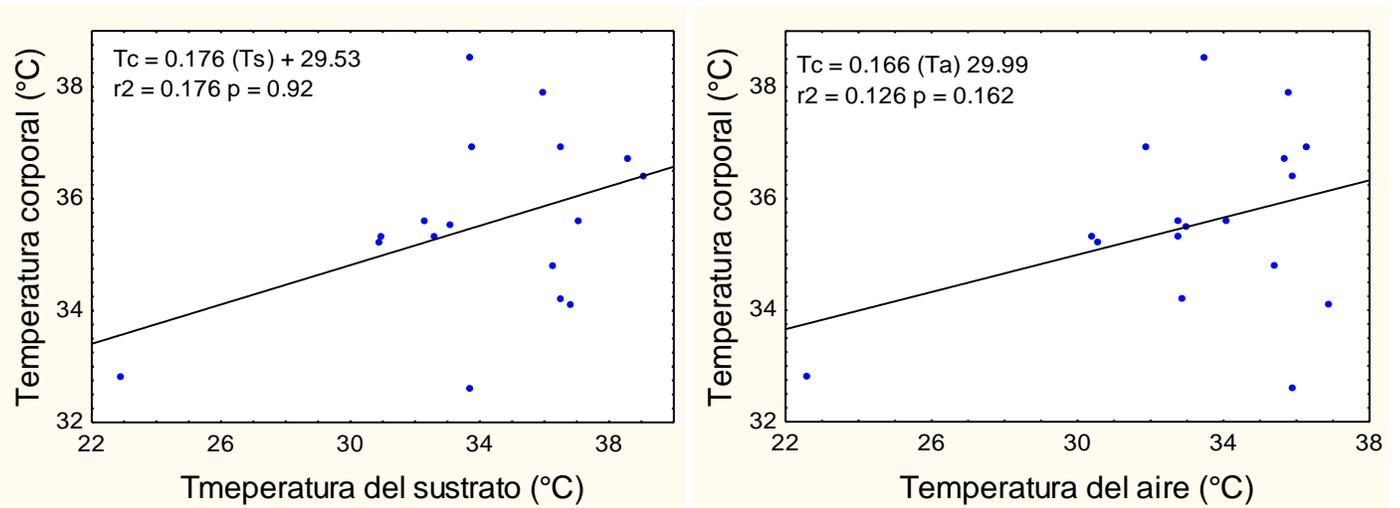


Figura 12. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para los machos adultos de *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.

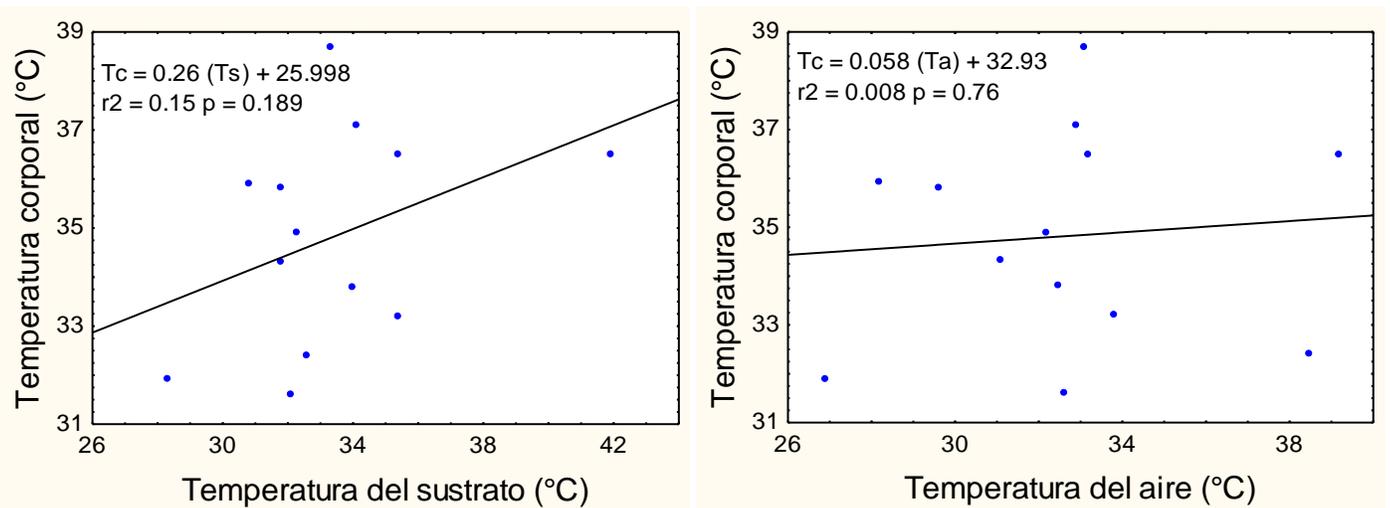


Figura 13. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para los jóvenes de *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.

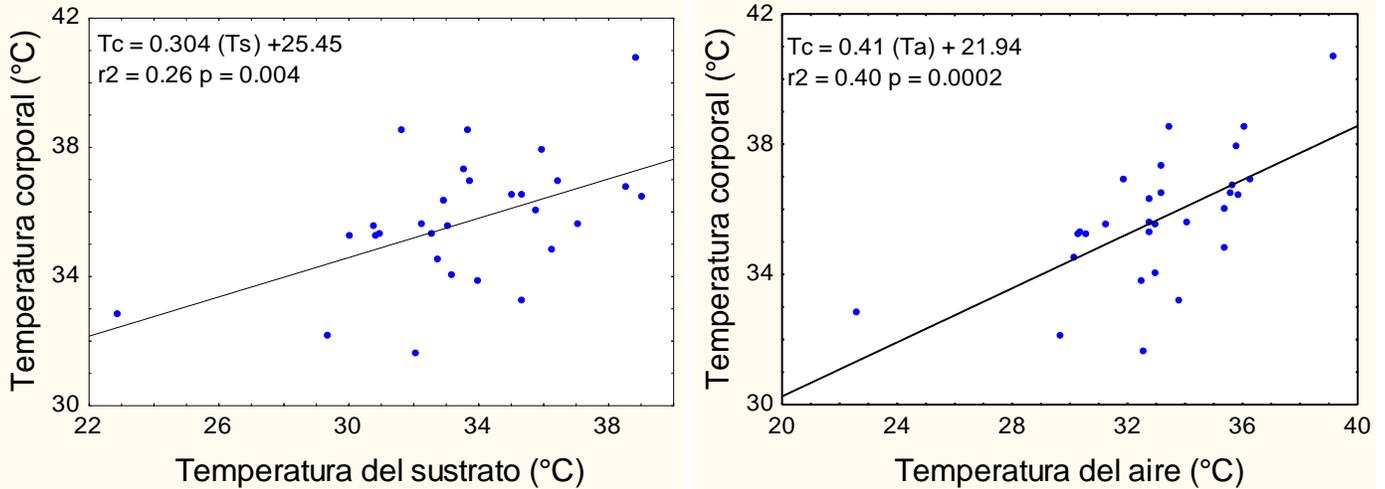


Figura 14. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para la época de secas en la muestra *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.

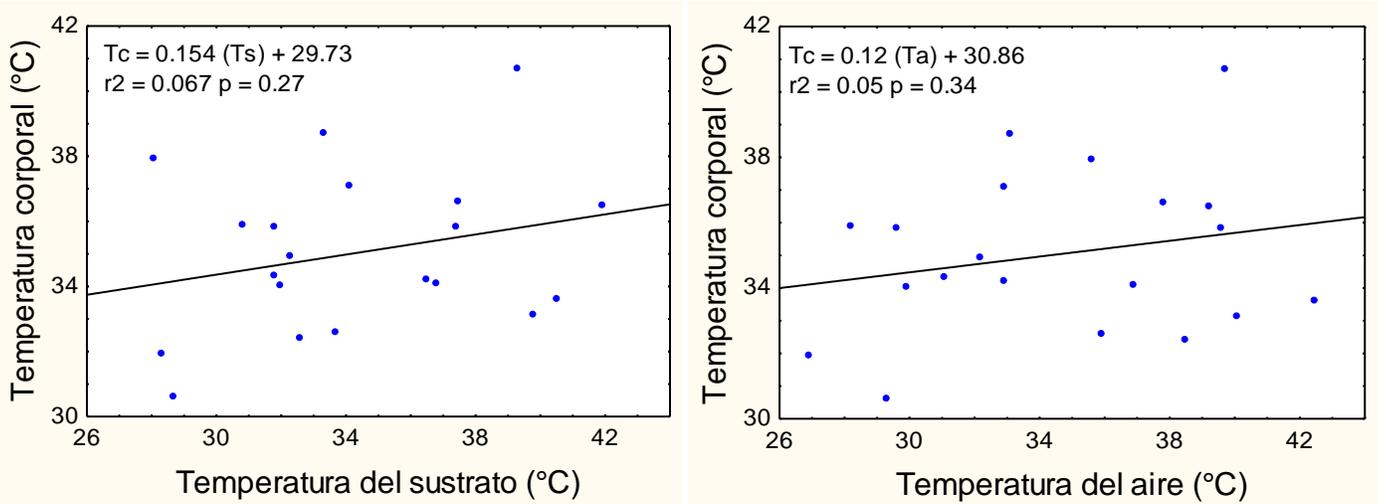


Figura 15. Gráficas de dispersión y rectas de regresión para la época de lluvias en la muestra *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, Oaxaca. En la parte superior izquierda de cada gráfica se muestra el modelo de regresión y el coeficiente de determinación.

Cuadro 3. Resultados de la regresión lineal entre la  $T_c$  vs  $T_s$  y  $T_c$  vs  $T_a$  entre grupos, (se muestra el coeficiente de determinación=  $r^2$ ; La pendiente de la recta=  $\beta$ , la ordenada al origen=  $\alpha$ , el valor de  $p= p$ , para cada grupo, así mismo y para cada época del año (seca y lluviosa) se muestran las varianzas de las  $T_c$ ,  $T_s$  y  $T_a$ ).

Regresión lineal.					Varianza		
	$r^2$	$\beta$	$\alpha$	P	$T_c$	$T_s$	$T_a$
<b><math>T_c</math> vs <math>T_s</math></b>							
<b>Población</b>	0.13	0.21	28.09	0.01	4.77	13.33	14.17
<b>Hembras</b>	0.09	0.21	28.52	0.187	6.93	15.45	17.21
<b>Machos</b>	0.17	0.17	29.53	0.92	2.55	17.6	11.59
<b>Jóvenes</b>	0.15	0.26	25.99	0.189	4.72	10.21	11.98
<b>Secas</b>	0.26	0.30	25.45	0.004	3.86	10.96	9.07
<b>Lluvias</b>	0.06	0.15	29.73	0.27	6.099	17.18	21.038
<b><math>T_c</math> vs <math>T_a</math></b>							
<b>Población</b>	0.12	0.208	28.38	0.011			
<b>Hembras</b>	0.20	0.28	25.79	0.053			
<b>Machos</b>	0.12	0.16	29.99	0.162			
<b>Jóvenes</b>	0.08	0.05	32.93	0.76			
<b>Secas</b>	0.40	0.41	21.94	0.0002			
<b>Lluvias</b>	0.05	0.12	30.86	0.346			

### 9.3.2 Intervalo de temperaturas seleccionadas.

Se registraron  $T_{sel}$  en 38 organismos, obteniendo un promedio de  $34.7 \pm 0.18$  °C (27.3-28.7). El intervalo de temperaturas seleccionadas para la población tuvo una amplitud de 2.5° C, Los machos fueron los que tuvieron la amplitud más grande con 3.19° C, seguido de las hembras con 2.58° C y el más bajo fue el de los jóvenes con 2.53° C (Cuadro 4). Se observó un 46.94% de organismos que tuvieron sus  $T_c$  dentro del intervalo de temperaturas preferidas. También, se observó un 20.4% de organismos que pese a tener temperaturas caporales aledañas al intervalo de temperaturas seleccionadas (por encima del intervalo: 36 a 37 ° C) no se encontraron dentro del mismo (Fig. 16).

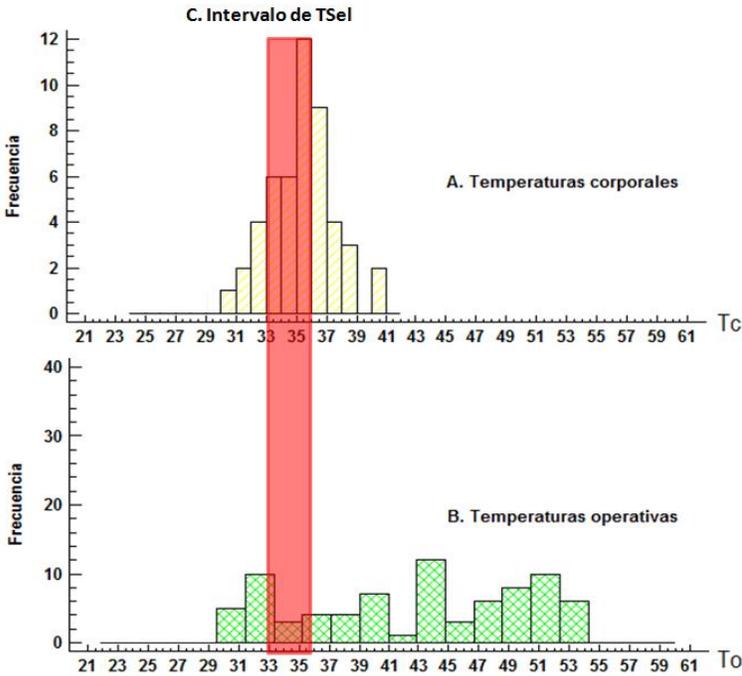
Las  $T_c$  y las  $T_{sel}$  fueron estadísticamente similares en promedio ( $H = 0.6526$ ;  $p = 579$ ).

**Cuadro 4. Resumen estadístico de las  $T_{sel}$  y intervalos de  $T_{sel}$ , ambos con  $\pm 1$  ES para cada grupo y para la población de *Sceloporus variabilis* en estudio.**

Grupo	Intervalo de las $T_{sel}$ (°C)	$T_{sel}$ promedio (°C)
<b>Machos</b>	$32.33 \pm 0.75 - 35.52 \pm 0.32$	$34.22 \pm 0.28$ (27.5-37.2)
<b>Hembras</b>	$33.58 \pm 0.63 - 36.16 \pm 0.36$	$35.04 \pm 0.26$ (27.3-38.7)
<b>Jóvenes</b>	$33.73 \pm 1.15 - 36.23 \pm 0.67$	$35.09 \pm 0.48$ (28.2-38.9)

<b>General</b>	$33.08 \pm 0.47 - 35.59 \pm 0.23$	$34.7 \pm 0.18$ (27.3-38.7)
----------------	-----------------------------------	--------------------------------

Se registraron 79  $T_o$  (sol y sombra) en el horario de actividad de *Sceloporus variabilis* (10:05-20:05). El promedio de las  $T_o$  fue de  $42.69 \pm 0.81$  °C (30.5-52.8). 12.66% de  $T_o$  se encontraron dentro del intervalo de temperaturas seleccionadas. En la fig. 16 se observa que, si bien, la mayoría de las  $T_o$  están por arriba del intervalo  $T_{sel}$ , el ambiente de los organismos también les proporciona sitios frescos (con  $T_o < T_{sel}$ ).



**Figura 16.** Distribución de frecuencias de las  $T_c$  (A),  $T_o$  (B) y el intervalo de las temperaturas seleccionadas (C, franja en color rojo) para la población de *Sceloporus variabilis* en estudio.

### 2.3.3 Protocolo de Hertz *et al.*, 1993.

La población en estudio tuvo un índice de exactitud ( $d_b$ ) de  $0.766 \pm 0.16$  en promedio. El índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) tuvo un promedio de  $7.77 \pm 0.53$ . Los índices de

Grupo	$d_b$	$d_e$	Eficiencia ( $E = 1-d_e/d_b$ )	Efectividad ( $E = d_e-d_b$ )
Machos	$0.60 \pm 0.22$	$7.96 \pm 0.55$	0.92	7.08
Hembras	$0.98 \pm 0.31$	$7.67 \pm 0.51$	0.87	6.68
Jóvenes	$0.7 \pm 0.24$	$7.65 \pm 0.51$	0.9	6.95
General	$0.76 \pm 0.16$	$7.77 \pm 0.53$	0.9	7.01

eficiencia térmica (E) y efectividad fueron de 0.9 y 7.004, respectivamente. Los valores más bajos de  $d_b$  fueron los machos adultos seguido por los jóvenes y las hembras adultas tuvieron valores superiores (Cuadro 5). Sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $H = 0.665$ ;  $gl = 2$   $p = 0.6938$ ). En los valores para el  $d_e$  los jóvenes fueron los que tuvieron valores más bajos de índice de calidad térmica del hábitat, seguido por las hembras adultas y por último los machos adultos ya que obtuvieron el valor alto. Sin embargo, éstos índices tampoco fueron estadísticamente diferentes ( $H = 0.075$ ;  $gl = 2$   $p = 0.963$ ). El índice de eficiencia y efectividad, son iguales en proporción, las hembras adultas tuvieron el valor más bajo, seguido por los jóvenes y finalizando con los machos adultos.

**Cuadro 5. Resumen estadístico para el índice de exactitud de las temperaturas corporales ( $d_b$ ), índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) e índices de eficiencia térmica ( $E = 1-d_e/d_b$ ) e índice de efectividad térmica ( $E = d_e-d_b$ ), para la población de *Sceloporus Variabilis*, y por grupos (machos, hembras y jóvenes).**

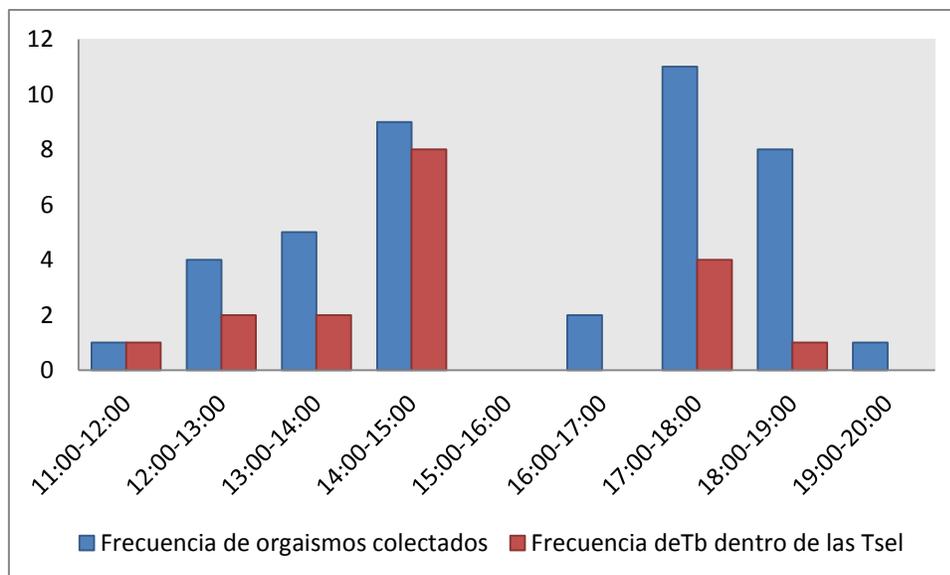
Para la época de secas los índices de  $d_b$ ,  $d_e$ , eficiencia y efectividad fueron,  $0.72 \pm 0.19$ ,  $4.32 \pm 0.47$ , 0.83 y 3.6 respectivamente. Para la época de lluvias el índice de  $d_b$  tuvo un promedio de  $0.83 \pm 0.28$ , el  $d_e$  un promedio de  $10.51 \pm 0.86$ , el E cociente y E diferencia fueron de 0.92 y 9.68 respectivamente (Cuadro 6). No se encontraron diferencias significativas en el índice de exactitud en la termorregulación ( $H = 0.21$ ;  $p = 0.9829$ ). Pero si se existieron diferencias significativas en el índice de calidad del hábitat para la época de lluvias y secas ( $H = -4.56$ ;  $p = 0.0001$ ).

**Cuadro 6. Resumen estadístico para el índice de exactitud de las temperaturas corporales ( $d_b$ ), índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) e índices de eficiencia térmica ( $E = 1-d_e/d_b$ ) e índice de efectividad térmica ( $E = d_e-d_b$ ), para las épocas de secas y lluvias.**

Época	$d_b$	$d_e$	Eficiencia ( $E = 1-d_e/d_b$ )	Efectividad ( $E = d_e-d_b$ )
Secas	$0.72 \pm 0.19$	$4.32 \pm 0.47$	0.83	3.6
Lluvias	$0.83 \pm 0.28$	$10.51 \pm 0.86$	0.92	9.68

### 9.3.4 Actividad y $T_{sel}$ .

Se recolectaron 41 organismos en días completamente soleados, en horarios de 11:06 a 19:04 hrs. En la fig. 17 fue posible apreciar una bimodalidad con picos tanto en horarios de 14:00 a 15:00 y de 17:00 a 18:00, también se observó un descenso drástico en el horario de 15:00 a 16:00 lo que provoca una mayor actividad en dos horarios diferentes. Así mismo, se observó que las temperaturas corporales que cayeron dentro de las  $T_{sel}$  estuvieron mejor representadas en el horario de 14:00 a 15:00 hrs (el primer pico de la bimodalidad) ya que tuvo un 88.88% de temperaturas corporales dentro del intervalo seleccionado. Sin embargo, para el segundo pico de frecuencias de recolecta (17:00 a 18:00) tuvo una frecuencia de 36.36% de  $T_c$  dentro de las  $T_{sel}$ . Además, un 41.46% de las lagartijas que no tuvieron sus temperaturas corporales dentro de sus  $T_{sel}$  se encontraron por encima de límite superior del intervalo de temperaturas seleccionadas, 7.31% fue el porcentaje de lagartijas que se encontraron por debajo del límite inferior del intervalo de las  $T_{sel}$ . El lapso de tiempo que tuvo el mayor número de lagartijas fuera del intervalo de temperaturas seleccionadas fue en horarios de 17:00 a 18:00hrs, ya que un 7.31% estuvo dentro del intervalo, todas las temperaturas fuera del intervalo de  $T_{sel}$  se encontraron por encima del límite superior, además tuvo las temperaturas más altas (40.7°C).



**Figura 17. Distribución de frecuencias de lagartijas recolectadas en días soleados (barras azules) y de lagartijas que tuvieron las  $T_c$  dentro de sus temperaturas seleccionadas (barras rojas) para los horarios de actividad en días soleados.**

Para los organismos recolectados en diferentes tipos de microhabitats, los cuales el suelo de concreto y roca fueron los más frecuentes, con una representatividad del 78.84% seguido de la hojarasca con un 17.3%. Solo se recolectó un organismo en los microhábitars tronco y pasto.

## 10. Discusión de resultados.

### 10.1 Peso y LHC.

La población de *Sceloporus variabilis* presente en el área de estudio muestra un dimorfismo sexual sesgado hacia los machos, tanto en tamaño como en peso corporal. Esto concuerda con lo publicado por Ramírez-Bautista et al. (2016) para tres poblaciones del estado de Hidalgo (de los municipios de Atlapexco, San Pablo Tetlapayac y Santa Catarina) y por Ramírez-Bautista & Cruz-Elizalde (2006) en una población de Veracruz, del municipio de Alvarado. Excepto por el caso de la población de San Pablo Tetlapayac, Hidalgo, el grado de dimorfismo sexual en LHC detectado en la población de Paso Canoa es similar al de las otras tres poblaciones señaladas arriba (Cuadro 7). Algo similar ocurre con el peso corporal, si bien en este caso el dimorfismo es más acentuado en la población bajo estudio y la de Santa Catarina, los tamaños promedio de las hembras y machos adultos de la

población de Paso Cana son mayores que el encontrado para las otras cuatro poblaciones bajo comparación (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Dimorfismo sexual en la longitud hocico cloaca (LHC) y peso en cinco poblaciones (de los estados de Hidalgo, Veracruz y Oaxaca) de *Sceloporus variabilis* (promedios  $\pm$  1ES).**

Población	LHC (mm)	♂/♀ (LHC)	Peso (g)	♂/♀ (peso)
<b>Paso Canoa (Este trabajo)</b>				
<b>Machos</b>	68.07 $\pm$ 0.73 (50.3-76.5)	1.18	10.1 $\pm$ 0.56 4.39-14.64	1.81
<b>Hembras</b>	57.51 $\pm$ 0.52 (47.9-74.9)		5.58 $\pm$ 0.46 (1.2-10.9)	
<b>Atlapexco</b>				
<b>Machos</b>	62.6 $\pm$ 0.93 (45-63)	1.16	9.5 $\pm$ 0.44 (3-17)	1.61
<b>Hembras</b>	53.57 $\pm$ 0.52 (45-63)		5.88 $\pm$ 0.18 (3-85)	
<b>San Pablo Tetlapayac</b>				
<b>Machos</b>	60.2 $\pm$ 0.96 (42-68)	1.14	8.26 $\pm$ 0.35 (2.5-11.5)	1.54
<b>Hembras</b>	52.73 $\pm$ 0.51 (45-57)		5.34 $\pm$ 0.2 (3.2-8)	
<b>Santa Catarina</b>				
<b>Machos</b>	66.0 $\pm$ 0.69 (57-73)	1.21	11.29 $\pm$ 0.38 (6-15.5)	1.81
<b>Hembras</b>	54.5 $\pm$ 0.57 (47-62)		6.22 $\pm$ 0.2 (4.5-11)	
<b>Alvarado</b>				
<b>Machos</b>	59.8 $\pm$ 0.38 (45-71)	1.17	7.1 $\pm$ 0.15 -----	1.61
<b>Hembras</b>	51.0 $\pm$ 0.36 (44-68)		4.4 $\pm$ 0.12 -----	

Según Fitch (1978) *Sceloporus variabilis* es una de las especies con un dimorfismo sexual más marcado en todo el género *Sceloporus*, y esto se ve reflejado en otros trabajos realizados para este género (Cuadro 7). Sin embargo, los factores que determinan las proporciones de tamaño entre los sexos en las lagartijas son probablemente diferentes en cada especie (Fitch, 1978). *Sceloporus variabilis* es una especie territorial, y comúnmente los machos realizan combates para defender sus territorios (Hibbitts & Hibbitts, 2015). Por lo tanto, los machos más grandes y pesados se verán beneficiados por la selección sexual, ya que tendrán mayores oportunidades de sobrevivir y reproducirse, al tener acceso a territorios con mejores recursos. Sin embargo, en algunos casos los machos no presentan estas conductas territoriales (Benabib, 1991). En este trabajo en particular no se estudió el comportamiento territorial de *Sceloporus variabilis*. No obstante, se examinaron los cuerpos

de los machos con el fin de detectar marcas de combate, pero ninguno presentó algún signo evidente. Por lo tanto, es necesario estudiar su comportamiento territorial y sexual en campo, así como su dieta, para conocer y determinar con mayor precisión los factores que provocan esta variación intraespecífica en tamaño y peso.

**Cuadro 8. Dimorfismo sexual en longitud hocico cloaca (HCL) en diferentes especies del género *Sceloporus*.**

Longitud hocico cloaca (HCL) mm ( $\bar{X} \pm 1ES$ )				
Especie	Macho	Hembra	♂/♀ (LHC)	Fuente
<i>S. variabilis</i>	68.07 ± 0.73 (50.36-76.52)	57.54 ± 0.52 (47.98-74.92)	1.18	Este trabajo.
<i>S. horridus</i>	90.66 ± 1.90 (71.5-111.0)	86.32 ± 1.24 (71.0-101.0)	1.05	Valencia-Limón <i>et al.</i> , (2014).
<i>S. formosus</i>	64.8 ± 1.4 (47-81)	64.8 ± 1.1 (50-79)	1	Ramírez-Bautista & Pavón (2009).
<i>S. siniferus</i>	56.55 ± 0.96 -----	54.78 ± 0.61 -----	1.03	Hierlihy <i>et al.</i> , (2013).
<i>S. jarrovii</i>	73.5 ± 1.3 (46-98)	70.7 ± 0.97 (60-86)	1.04	Ramírez-Bautista <i>et al.</i> , (2002).

## 10.2 Temperaturas corporales de actividad.

Las  $T_c$  promedio de *S. variabilis* en la localidad de estudio (35.42) son similares a las temperaturas corporales de actividad registradas en otros estudios. La variación en  $T_c$  en estas especies es de hasta 2 °C. En particular, la temperatura corporal promedio de la población de Paso Canoa (altitud = 45 m) es ligeramente más alta en comparación con las dos poblaciones estudiadas por Benabib (citado por Andrews, 1998), a pesar de las diferencias altitudinales entre las mismas, pero resulta igual o menor en comparación con las poblaciones estudiadas por Bogert (1949a). No obstante, los tamaños de muestra involucrados son pequeños y se tomaron en diferentes tiempos, lo que hace difícil realizar comparaciones confiables.

**Cuadro 9. Temperaturas corporales promedio de *Sceloporus variabilis* reportadas en diferentes altitudes provenientes de 4 estudios (Andrews, 1998).**

$T_c$ promedio en diferentes poblaciones de <i>Sceloporus variabilis</i> .			
$T_c$ promedio (°C)	N	MSNM	Fuente
33.4	19	1000	Benabib, (citado por Andrews, 1998).
35.4	14	800	Bogert, 1949.
36.9	21	150	Bogert, 1949.

34.5	19	45	Benabib, (citado por Andrews, 1998).
35.4	49	45	Este trabajo.

*Sceloporus variabilis* presenta temperaturas corporales relativamente superiores a otras especies del género que se encuentran en altitudes mayores a los 1500 msnm. Tales como *S. grammicus* con 31.43 °C a 2240 msnm (Woolrich-Piña *et al.*, 2006); *S. lineolateralis* 31.6 °C y *S. poinsettii* 32.7 °C ambas a 1770 msnm (Lara-Reséndiz *et al.*, 2014); y *S. torquatus* 29.79 °C a 2300 msnm (Jiménez-Arcos, 2008). Sin embargo, las lagartijas que se encuentran en altitudes menores tienen temperaturas similares a la población de *S. variabilis* en el área de estudio. Como *S. merrami* con 36.2 °C a 1040 msnm (Grant and Dunham, 1990); *S. occidentalis* 35.9 °C 1250 msnm (Adolph, 1990); y *S. woodi* 36.2 °C 60 msnm (Bogert 1949b). Esto concuerda con lo mencionado por Andrews (1998), ya que lagartijas que se encuentran en elevaciones altas (>1500 msnm) tienden a presentar  $T_c$  bajas (en promedio 31.5 en climas tropicales y 34.5 en climas templados) y aquellas lagartijas que se encuentren en elevaciones bajas tenderán a obtener temperaturas relativamente altas (en promedio 35.1 en climas tropicales y 34.9 en climas templados). Por lo tanto, la población de *Sceloporus variabilis* de Paso canoa, Oaxaca al encontrarse en una elevación baja (45 msnm) y ocurrir en un clima tropical obtiene temperaturas altas.

Las  $T_c$  registradas para cada grupo no mostraron diferencias, esto tal vez se deba a que la oferta térmica disponible en la zona de estudio son heterogéneos y abundantes (Fig. 16) por lo que no existe una competencia intraespecífica para termorregular (Días & Rocha, 2004). Sin embargo, los promedios de  $T_c$  que exhiben las hembras son ligeramente superiores al de los machos y jóvenes (Cuadro 1). Esto probablemente se deba a los estadios reproductivos que presentan las hembras (Daut & Andrews, 1993), ya que, en algunas especies de lagartijas las hembras tienden a incrementar sus temperaturas con fines reproductivos (Schwarkopf & Shine, 1991). No obstante, en este estudio no se revisaron los estadios de gestación en las hembras de *Sceloporus variabilis* por lo que es necesario realizar un muestreo de temperaturas exclusivamente de este grupo.

Las temperaturas corporales fueron en promedio más altas que las  $T_s$  y las  $T_a$  en donde se encontraban al momento de ser capturadas. Esto sugiere que obtienen calor de otras fuentes. En la mayoría de las lagartijas diurnas (como *Sceloporus variabilis*) es común la obtención de calor a través de la radiación solar (Lara-Resendiz *et al.*, 2013; Autumn *et al.*, 1994). Sin embargo, también es común que estas lagartijas escojan microclimas convenientes para obtener  $T_c$  adecuadas mediante la utilización de estrategias de calentamiento y enfriamiento como la conducción (tigotermas) y la convección (heliotermas) (Huey & Slatkin, 1976). Los resultados obtenidos dan evidencia que *Sceloporus vairabilis* utiliza diversas estrategias de termorregulación.

Las temperaturas corporales no variaron significativamente entre las épocas de lluvias y secas por estación ni entre grupos por estación. Por un lado, este resultado revela que las temperaturas de *S. variabilis* se mantienen similares a lo largo de todo el año y por otro, que no existen diferencias entre las temperaturas de machos, hembras y jóvenes dentro de cada época. Sin embargo, como se observa en el climograma del área de estudio (Fig. 4) las temperaturas y la precipitación si varían a lo largo del año; la temperatura aumenta al inicio de la temporada de lluvias, pero desciende cuando se tiene un máximo de precipitación (mes de junio). Como se mencionó en el método las temperaturas corporales de lagartijas capturadas en días lluviosos o nublados no fueron tomadas en cuenta en este estudio, ya que estas temperaturas no son de lagartijas en actividad. Es probable que en días soleados, la disponibilidad de microhábitat frescos (V. gr. el interior de las casas abandonadas) y el calor obtenido por radiación permita a las lagartijas termorregular eficientemente en ambas estaciones, también, la abundancia de sitios expuestos al sol y a la sombra debe evitar la competencia intraespecífica por microhábitats térmicamente adecuados (Velasquez *et al.*, 2011).

No se encontraron diferencias significativas en las temperaturas corporales en las lagartijas que se capturaron en pleno sol o a la sombra, tanto para la población en general como para los grupos bajo análisis (machos adultos, etc.). Esto sugiere una variación similar en los promedios de las temperaturas corporales de los organismos que están al sol y a la sombra, lo cual puede ocurrir si las lagartijas constantemente se desplazan de microhábitats calientes (expuestos al sol) a fríos (sombreados). Este comportamiento se consideraría como termorregulatorio cuando los movimientos se deben a la búsqueda de microhábitats favorables para disminuir o aumentar su temperatura corporal (Schauble y Grigg, 1998).

### **10.3 Ecología térmica.**

#### **10.3.1 Criterio de Huey & Slatkin, 1976.**

Las pendientes de las rectas de las regresiones entre la  $T_c$  y las temperaturas del aire y del sustrato para la población de *S. variabilis* de Paso Canoa fue cercana a cero. Esto sugiere que los organismos realizan comportamientos termorregulatorios que evitan que su temperatura corporal varíe del mismo modo que las temperaturas de sus microhábitats (Huey y Slatkin, 1976). Esta sugerencia se ve apoyada por el hecho de que en el área de estudio la temperatura de los microhábitats (sustrato y aire a la altura de los organismos) es más variable que la temperatura corporal (Cuadro 3).

Las pendientes de las rectas de regresión estimadas para cada uno de los tres grupos analizados (jóvenes, hembras adultas y machos adultos) sugieren algo similar. Si bien hubo variación, todas las pendientes fueron bajas y también las varianzas de las temperaturas del aire y del sustrato fueron mayores que la de la temperatura corporal. Según el modelo de costo y beneficio de la termorregulación de Huey y Slatkin (1976), los organismos con pendientes similares suponen estrategias análogas de termorregulación, debido a que utilizan hábitats similares y están expuestos a la misma oferta térmica.

Las pendientes de las rectas para las regresiones de la  $T_c$  y las temperaturas de aire y del sustrato fueron mayores en la época seca que en la época húmeda (Figs. 14 y 15). Esto

sugiere que los organismos están termorregulando más cuidadosamente en la primera que en la segunda estación. La época húmeda se considera una época de mayor actividad ya que la disponibilidad de alimento es mayor y los organismos dedican una porción significativa de su tiempo en conseguir alimento (Rojas-Murcia *et al*, 2016). También, en especies ovíparas como *S. variabilis*, la actividad social relacionada con la reproducción (V. gr., territorialidad y cortejo) se concentra principalmente en la época húmeda (Medina-Rangel, 2013). Estas actividades tienden a evitar la termorregulación cuidadosa. Al contrario, en la época seca los organismos tienen más tiempo disponible para dedicarlo en actividades termorregulatorias (Rojas-Murcia *et al.*, 2016).

### 10.3.2 Intervalo de temperaturas seleccionadas

El promedio de las temperaturas corporales de actividad es similar al promedio de las temperaturas seleccionadas en el gradiente térmico de laboratorio. Si bien la diferencia es de 0.45 °C la prueba de Mann-Witney no rechazó la hipótesis de igualdad de las medias. Esto refleja en gran parte el hecho de que un porcentaje significativo de las temperaturas corporales de actividad cayó dentro del intervalo de temperaturas seleccionadas. De este modo, la similitud en los promedios sugiere termorregulación. Esto es, que los organismos realizan comportamientos tendientes a mantener la temperatura corporal dentro de su intervalo de temperaturas corporales preferido.

La variación intraespecífica en requerimientos térmicos puede originar variación intraespecífica en temperaturas seleccionadas. Por ejemplo, los organismos más pequeños tienen una tasa superficie/volumen más grande que los organismos más grandes, y esta particularidad provoca que el ambiente térmico afecte de diferente manera a lagartijas pequeñas y grandes, las temperaturas preferidas pueden reflejar estas diferencias en propiedades térmicas (Cacchetto & Naretto, 2015). En la población de *Sceloporus variabilis* de Paso Canoa, los intervalos de temperatura seleccionada, y los promedios correspondientes, fueron similares en jóvenes y hembras adultas, y alrededor de un grado centígrado más alto que los valores obtenidos para los machos. Esto muestra que los requerimientos térmicos de los machos pueden diferir con respecto a los de los jóvenes y hembras adultas. El mayor tamaño (los machos son 1.8 veces más pesados que las hembras (Cuadro 6) y actividad (V. gr., por defensa de territorios) de los machos puede promover que con mayor frecuencia visiten microambientes más frescos, lo cual puede afectar las temperaturas seleccionadas en un ambiente térmico de laboratorio (Benabib, 1994)

El intervalo de temperaturas seleccionadas es ligeramente alto cuando se compara con los intervalos publicados para otras especies (Cuadro 9). Se ha propuesto que el intervalo de temperaturas seleccionadas tiende a ser filogenéticamente conservado (Andrews, 1998; McGinnis, 1966; Stebbins, 1963; Adolph, 1990) y de este modo se espera similitud congénica en este rasgo. No obstante, los resultados de este estudio muestran una divergencia notable en las temperaturas seleccionadas por las lagartijas *Sceloporus variabilis* con respecto a otras especies del género, lo cual probablemente refleja la influencia del ambiente térmico particular del área de estudio.

**Cuadro 10. Intervalo de temperaturas seleccionadas y promedio de temperaturas seleccionadas en diferentes especies del genero *Sceloporus*. Promedios  $1 \pm ES$ .**

Especie	Intervalo de $T_{sel}$ (°C)	Promedio de $T_{sel}$ (°C)	Fuente
<i>Sceloporus variabilis</i>	33.08 $\pm$ 0.43- 35.59 $\pm$ 0.32	34.97 $\pm$ 0.25	Este trabajo.
<i>Sceloporus lineolateralis</i>	28.8 $\pm$ 0.55 – 31.7 $\pm$ 0.28	30.3 $\pm$ 0.36	Lara-Reséndiz, 2014.
<i>Sceloporus poinsettii</i>	29.4 $\pm$ 0.71 – 33.1 $\pm$ 0.47	31.2 $\pm$ 0.49	Lara-Reséndiz, 2014.
<i>Sceloporus megalepidurus</i>	34.1 $\pm$ 0.24 – 35.28 $\pm$ 0.23	34.68 $\pm$ 0.18	Hernández, 2016.
<i>Sceloporus siniferus</i>	28.8 – 31.7	34.7 $\pm$ 0.3	Sinervo <i>et al.</i> , 2011 (Citado de Lara-Reséndiz, 2014).

### 10.3.3 Protocolo de Hertz *et al.*, 1993.

El índice de exactitud en las temperaturas corporales tuvo un valor de 0.766 para la población de Paso Canoa, es un valor relativamente bajo, lo que indica alta exactitud en las temperaturas corporales de actividad en relación al intervalo de temperaturas seleccionadas, ya que, según Hertz *et al.*, (1993) valores cercanos a cero sugieren una buena exactitud de las temperaturas corporales con respecto al intervalo de temperaturas seleccionadas. Por otro lado, el índice de calidad térmica de hábitat para la población en estudio tuvo un valor de 7.77, lo que sugiere una baja calidad térmica del hábitat. Sin embargo, si bien la mayoría de las temperaturas operativas estuvieron por arriba de  $T_{sel}$ , y fueron las que produjeron el valor alto de  $d_e$ , varias de ellas estuvieron por debajo de este intervalo (Fig. 16). De tal modo que el ambiente térmico de las lagartijas es heterogéneo y por lo tanto debe proporcionarles la oportunidad de calentar y refrescar sus cuerpos para modificar sus temperaturas corporales. En consecuencia, la alta exactitud de las temperaturas corporales en comparación con la baja calidad térmica del hábitat sugiere que las lagartijas regulan eficientemente su temperatura corporal. El valor alto del índice de eficiencia termorregulatoria de Hertz *et al.*, (1992) ( $E = 0.9$ ) apoya fuertemente esta inferencia.

El porcentaje de  $T_b$  que estuvieron dentro del intervalo  $T_{set}$  fue de 46.94%. No obstante, el 20% de las  $T_b$  fueron solo un grado centígrado mayor o menor que el intervalo  $T_{sel}$ , y solo tres lagartijas tuvieron su temperatura corporal tres o cuatro grados centígrados fuera del intervalo  $T_{set}$  (a pesar de las temperaturas ambientales elevadas). Estos valores apoyan los resultados obtenidos mediante el índice de eficiencia termorregulatoria de Hertz *et al.*, (1993).

La eficiencia con la que las lagartijas de la población de *Sceloporus variabilis* de Paso Cano regulan su temperatura corporal es alta en comparación con otras especies de *Sceloporus* heliotermas (Cuadro 10). No obstante, Valdespino (2013) publicó una eficiencia más alta para *Sceloporus torquatus* (Cuadro 10).

**Cuadro 11. Resumen estadístico para el índice de precisión de la termorregulación ( $d_b$ ), índice de calidad térmica del hábitat ( $d_e$ ) e índices de eficiencia térmica ( $E = 1-d_e/d_b$ ) e índice de efectividad térmica ( $E = d_e-d_b$ ), para las poblaciones de diferentes especies del género *Sceloporus*,**

Especie	$d_b$	$d_e$	Eficiencia ( $E = 1-d_e/d_b$ )	Efectividad ( $E = d_e-d_b$ )	Fuente
<i>S. variabilis</i>	0.76	7.77	0.9	7.01	Este trabajo.
<i>S. megalepidurus</i>	2.77	9.09	0.7	6.32	Hernández-Márquez, 2016.
<i>S. lineolateralis</i>	1.13	6.6	0.83	5.47	Lara-Reéndiz <i>et al.</i> , 2014.
<i>S. poinsettii</i>	0.45	5.90	0.93	5.45	Lara-Reéndiz <i>et al.</i> , 2014.
<i>S. torquatus</i>	1.05	11.5	0.91	10.45	Valdespino, 2013.

#### 10.3.4 Actividad y $T_{sel}$ .

La actividad de la población de *Sceloporus variabilis* en estudio tuvo una marcada bimodalidad a lo largo de días soleados. Esto concuerda con lo reportado por Altamirano (1992) quién publicó el mismo comportamiento de actividad para esta especie en días soleados. Este comportamiento de actividad no es exclusivo ya que lo presentan un gran número de especies de reptiles (Underwood, 1992), algunos ejemplos refieren a *Pseudocordylus melanotus* (McConnachie, 2009) *Crotalus Viridis* (Gannon & Secoy, 1985) y *Aspidocelis gularis* (Winne & Keck, 2004). Huey *et al.*, (1989) sugieren que esconderse de entornos expuestos en ciertas horas del día puede ofrecer oportunidades térmicas equivalentes o a veces superiores a las ofrecidas por zonas en donde se pueden ver expuestas. Del mismo modo, el ocultarse en estos periodos de actividad podría ayudar a las lagartijas a no tener temperaturas extremas (Kearney, 2002), incluso logrando termorregular eficientemente sin una exposición a depredadores, pérdida de agua o gasto energético (Martín & López, 2000; Weeb & Whiting, 2005),

Al analizar estas frecuencias con las temperaturas seleccionadas a lo largo del día, se muestra que la gran mayoría de los organismos tienen  $T_c$  dentro del intervalo de  $T_{sel}$  en horarios de actividad de 11:00 a 15:00 hrs (Fig. 17), y que el tiempo en el que cesa la actividad concuerda con una disminución en las lagartijas que pueden tener  $T_c$  dentro de las  $T_{sel}$ . Así mismo, los resultados arrojaron que un 41.46% de las lagartijas que no alcanzaron el intervalo de temperaturas seleccionadas estuvieron por encima del límite superior. Esto se debe a la oferta térmica que tiene el hábitat, ya que en horarios superiores a 16:00 hrs las temperaturas del ambiente suben al grado que para algunas

lagartijas les es imposible termorregular. Esto se ve apoyado por la distribución de frecuencias de las  $T_o$  (Fig. 16).

Por último, debido a la gran cantidad de organismos recolectados en roca o pared y al ser una especie de lagartijas conspicua en su mayoría, con seguridad se puede decir que la población de *Sceloporus variabilis* en este trabajo es una especie principalmente saxícola y prefiere termorregular en paredes o zonas rocosas ya que estas pueden conferir refugios seguros y de difícil acceso para depredadores (Mella, 2007).

## 11. Conclusiones.

- *Sceloporus variabilis* tiene  $T_c$ s superiores a las de otras especies del género, estas temperaturas corporales no son significativamente diferentes entre sexos, estación del año, o su exposición al sol o a la sombra.
- *Sceloporus variabilis* tiene temperaturas seleccionadas estadísticamente similares a las temperaturas corporales en campo, así mismo, es un organismo con un intervalo de  $T_{sel}$  relativamente amplio, por lo tanto, se puede decir que es un organismo euritermo.
- *Sceloporus variabilis* tuvo una elevada exactitud en sus temperaturas corporales, a pesar de la baja calidad térmica del hábitat, y demostró tener una alta eficiencia y

efectividad térmica, más alta inclusive que algunas especies pertenecientes al género *Sceloporus*, por lo que es una especie que termorregula activa y eficientemente.

- *Sceloporus variabilis* es una especie altamente adaptable, ya que la población de estudio tuvo un intervalo de  $T_{sel}$  amplio, el cual le permite sobrevivir a cambios graduales en las temperaturas de su ambiente.

## 12. Literatura citada.

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

Adolph, S. C., & W. P. Porter. 1996. Growth seasonality, and lizards life histories: age and size at maturity, *Oikos* 77: 267–278.

Altamirano, A. T., R. C. Vizcaya, R. C. García & M. S Soriano. 1992. Uso de espacio y ciclo de actividad en tres especies de lagartijas simpátricas. *Revista de Zoolología* 3: 5–18.

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

- Angilletta Jr. J. M. 2009. Thermal adaptation. A theoretical and empirical synthesis. OXFORD University press. United States.
- Autumn, K., R. B. Weinstein, & R. J. Full. 1994. Low-cost of locomotion increases performance at low-temperature in nocturnal lizards. *Physiological zoology* 67: 238–262.
- Avery, R. A. 1979. Lizards: A study in Thermoregulation. Institute of Biology Studies Series. London: Edward Arnold, 56 pp
- Benabib, M., & J. D. Congdon. 1992. Metabolic and water-flux rates of free-ranging tropical lizards *Sceloporus variabilis*. *Physiological Zoology* 65: 788–802.
- Benabib, M. 1991. Life history and ecology of *Sceloporus variabilis* in Los Tuxtlas, Veracruz. Ph.D. dissertation. University of Georgia, Athens, Georgia.
- Benabib, M. 1995. Reproduction and lipid utilization of tropical populations of *Sceloporus variabilis*. *Hepretological Monographs Department of Zoological and Institute of Ecology* 8: 160–180.
- Blouin-Demers, G. & P. J. Weatherhead. 2001. Thermal ecology of black rat snakes (*Elaphe obsoleta*) in a thermally challenging environment. *Ecology* 82: 3025–3043.
- Bogert, C. M. 1949a. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. *Evolution* 3: 195–211.
- Bogert, C. M. 1949b. Thermoregulation and ecritic body temperatures in Mexican lizards of the genus *sceloporus*. *Anales del instituto de Biología UNAM* 20: 415–426.
- Bogert, C, M, 1959, How Reptiles Regulate Their Body Temperature. *Scientific American* 4: 105–120.
- Cacchetto, N. R. & S. Narretto. 2015. Do sex, body size reproductive condition influence the thermal preferences of a large lizard? A study in *Tupinambis merianae*. *Journal of Thermal Biology* 53: 198–204.
- Christian, K. A., & B. W. Weavers. 1996. Thermoregulation of monitoe lizard in Australia: an evaluation of methods in thermal biology. *Ecological monographs* 66: 139–157.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad 2005. 'División Política Estatal'. Escala 1:1000000. Extraído de Conjunto de Datos vectoriales topográficos y toponímicos. Escala 1:1000000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000). México.

- CONABIO, 2011. GT002 Catalogo de especies encontradas en campo. Editorial CONABIO. México. 27 p.
- Cowles, R. B., & C. M. Bogert, 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83: 261–269.
- Dault, 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.
- Dias, E. R. & C. D. Rocha. 2004. Thermal ecology, activity patterns, and microhabitat use by two sympatric whiptail lizards (*Cnemidophorus adaetensis* and *Cnemidophorus ocellifer*) from northeastern Brazil. *Journal of Herpetology* 38: 586–588.
- Espinoza, R. E. & C. R. Tracy 1997. Thermal biology metabolism and hibernation. In: Ackerman L. J. (ed). *The Biology, Husbandry and Health Care of Reptiles*. *Biology of Reptiles* 1: 149–184
- Estrada, N. R. 2013. Ecología térmica de *Abronia taeniata* (Reptilia; Anguidae) y su susceptibilidad ante el calentamiento global. Tesis de maestría en ciencias Biológicas UNAM. México.
- Fitch, H. 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *University of Kansas Science Bulletin* 51: 441–461.
- Flores-Villela, O & H. A. Pérez-Mendoza. 2006. Herpetofaunas estatales de México. *In* *Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad*, A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F, Mendoza-Quijano (eds.). *Publicaciones de la sociedad Herpetológica Mexicana*. P. 327-346.
- Flores-Villela, O. & P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, Vegetación y uso de suelo. CONABIO/UNAM. México.
- Gadsen, H. F., J. Rodríguez-Romero, F. R. Méndez de la Cruz & R. Gil-Martínez. 2005. Ciclo reproductor de *Sceloporus poinsetti* Baird & Girard 1852 (Squamata: Phrynosomatidae) en el centro del desierto chihuahuense, México. *Acta Zoológica Mexicana* 21: 93–107.
- Gannon, V. P. J., & D. M. Secoy. 1985. Seasonal and daily activity patterns in a Canadian population of the prairie rattlesnake, *Crotalus viridis viridis*. *Canadian Journal of Zoology* 63: 68–91.
- García, C. R. 1989. Ciclo reproductivo y hábitos alimenticios de *Sceloporus variabilis* (Reptilia: Sauria: Iguanidae) en Alvarado Veracruz. Tesis de licenciatura Biología. ENEP Iztacala. UNAM, México.

García-Collazo, R., T. Altamirano-Álvarez, & M. Gómez-Soto. 1993. Reproducción continua en *Sceloporus vaiabilis vaiabilis* (Sauria: Phrynosomatidae) en Alvarado, Veracruz, México. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana 5: 51–59.

García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2° edición. Instituto de Geografía, UNAM. México.

GBIF.org (25 may 2018) GBIF Occurrence Download: <https://doi.org/10.15468/dl.ywhpmz>

Grant, B. W. & A. E. Dunham. 1990. Elevational covariation in environmental constraints and life histories of the desert lizard. *Sceloporus merrami*. Ecology 71: 1765–1776.

Google. (S.F.). Localización espacial del area de estudio (rectángulo en color rojo en Google maps). Recuperado el 5 de septiembre, 2018, de <https://www.google.com/maps/@18.0062764,-96.2607925,1577m/data=!3m1!1e3>.

Hierlihy, C. A., R. García-Collazo, T. C. Chavez & F. F. Mallory. 2013. Sexual dimorphism in the lizard *Sceloporus siniferus*: support for the intraspecific niche divergence and sexual selection hypotheses. Salamandra 1: 1–6.

Hernández-Márquez, A. E. 2016. Ecología térmica y uso de hábitat de una población de *Sceloporus mucronatus* (Squamata: Phrynosomatidae) que ocurre en los alrededores de la laguna de Atexcac, Puebla. Tesis de Licenciatura Biología. UNAM. México.

Hertz, P. E. 1992. Evaluating thermal resource partitioning by sympatric lizards *Anolis cooki* and *A. cristatellus*: a field test using null hypotheses. Oecologia 90: 127–13.

Hertz, P. E., R. B. Huey & R. D. Stevenson. 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: The fallacy of the inappropriate question. The American Naturalist 15: 796–818.

Hibbitts, T. E., & T. J. Hibbitts, 2015. Texas Lizards: a field guide. University of Texas Press. Texas. E.U.A.

Hitchcock, M. A., & L. D. McBrayer. 2006. Thermoregulation in nocturnal ectotherms: seasonal and intraspecific variation in the Mediterranean gecko (*Hemidactylus turcicus*). Journal of Herpetology 2: 185–195

Huey, R. B. 1982. Temperature, physiology and the ecology of reptiles. pp 25–47. In: Gans C, Pough FH (eds) Biology of the Reptilia vol 12. Physiology and Physiological ecology. Academic Press, New York.

Huey, R. B., C. R., Peterson, S. J. Arnold, & W. P. Porter. 1989. Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat site selection by garter snakes and its thermal consequences. *Ecology* 70: 931–944.

Huey R. B., & M. Slatkin. 1976. Cost and benefits of lizard's thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology* 3: 363–384.

INEGI. 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. Clave geoestadística 20184. Marco Geoestadístico Municipal. 2005.

INEGI, (01/06/2018). 'Áreas Geoestadísticas estatales 1:250000. 2018', escala: 1:250000. Edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

Instituto Nacional para el Federalismo y el desarrollo Municipal. 2002. Enciclopedia de los Municipios de México, Estado de Oaxaca. San Juan Bautista Tuxtepec. Secretaría de Gobernación, Talleres Gráficos de la Nación. Gobierno del Estado de Oaxaca.

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

Jiménez, F. J. 2003. Ecología de los Hábitos Alimenticios y ciclo reproductivo de *Sceloporus variabilis* (Reptilis: Sauria; Phrynosomatidar) en la Hacienda de Meztlán; Hidalgo. Tesis de licenciatura Biología. UNAM. México.

Kearney, M. 2002. Hot rocks and much-too-hot rocks: Seasonal patterns of retreat-site selection by a nocturnal ectotherm. *Journal of Thermal Biology* 27: 205–218.

Lara-Reséndiz, R. A., D. G. Arenas-Moreno, F. R. Méndez-de la Cruz. 2013. Termorregulación diurna y nocturna de la lagartija *Phyllodactylus bordai* (Gekkota: Phyllodactilidae) en una región semiárida del centro de México. *Revista Chilena de Historia natural* 86: 127–135.

Lara-Reséndiz, R. A., A. H. D. Vega-Pérez, V. H. Jiménez-Arcos, H. Gadsden, F. R. Méndez-de la Cruz. 2014. Termorregulación de dos poblaciones de lagartijas simpátricas: *Sceloporus lineolateralis* y *Sceloporus poinsettii* (Squamata: Phrynosomatidar) en Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 875–884.

Martín, J., & P. López. 2000. Social status of male Iberian rock lizards (*Lacerta monticola*) influences their activity patterns during the mating season. *Canadian journal of Zoology* 78: 1105–1109.

- Martín, J., & A. Salvador. 1995. Effects of tail loss on activity patterns of rock-lizards, *Lacerta monticola*. *Copeia* 4: 984–988.
- McConache, S., J. A. Graham, & J. M. Whithing. 2009. Selected body temperature and thermoregulatory behavior in the Sit-And-Wait foraging lizard *Pseudocordylus melanotus melanotus*. *Herpetological Monographs* 23: 108–122.
- McGinnis, S. M. 1966. *Sceloporus occidentalis*; preferred body temperature of the Western fence lizard. *Science* 152: 1090–1091.
- Medina-Rangel, G. F. 2013. Cambio estacional en el uso de los recursos de la comunidad de reptiles en el Complejo Cenagoso de Zapatoza, departamento del Cesar (Colombia). *Caldasia*. 35: 103–122.
- Mella, J. E. 2007. Reptiles en el monumento natural El Morado (Region metropolitana, Chile): Abundancia relativa, distribución latitudinal y preferencia por rocas de distintos tamaños. *Gayana* 7: 16–26.
- Mendoza-Quijano, F., O. Flores-Villela & J. W. Sites. 1998, Genetic variation species status and phylogenetic relationships in rose-belly lizards (*Variabilis* group) of the genus *Sceloporus* (Squamata:Phrynosomatidae). *Copeia* 1998 2: 354–366.
- Merkel, A. Climate-data.org. 2018. Clima: Paso canoa. Recuperado de <https://es.climate-data.org/location/334965/>.
- Patterson, J. W., & P. M. Davies. 1978. Preferred body temperature: Seasonal and sexual differences in the lizards *Lacerta vivipara*: *Journal of thermal. Biology* 3: 39–41.
- QGIS Development Team, 2018. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Project. <https://qgis.org>.
- Ramírez-Bautista, A., & R. Cruz-Elizalde. 2016. Reproductive cycles and reproductive strategies among populations of the Rose-balled lizard *Sceloporus variabilis* (Squamata: Phrynosomatidae) from central Mexico. *Ecology and evolution* 6: 1753–1768.
- Ramírez-Bautista, A., R. García-Collazo, & J. G. Louis. 2006. Reproductive, fat, and Liver Cycles of Male and Female Rose-bellied Lizards, *Sceloporus variabilis*. From Coastal Areas of Southern Veracruz, México. *The southwestern Naturalist* 2: 163–171.
- Ramírez-Bautista A., O. Ramos-Flores, & J. W. Sites. 2002. Reproductive cycle of spiny lizard *Sceloporus Jarrovii* (Sauria: Phrynosomatidae) from North-Central Mexico. *Journal of Herpetology* 2: 225–233.

- Ramírez-Bautista, A., & N. P. Pavón. 2009. Sexual dimorphism and reproductive cycle in the arboreal spiny lizard *Sceloporus formosus* Wiegmann (Squamata: Phrynosomatidae) from central Oaxaca, Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural* 4: 553–563.
- Ramos, O. F. 2003. Ecología Reproductiva de dos Poblaciones de lagartija vivípara *Sceloporus Jarrovii* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) en el municipio de Guadalazcar S.L.P. Tesis de licenciatura Biología. UNAM. México.
- Rock, J., R. M. Andrews, & A. Cree. 2000. Effects of reproduction condition, season and site on selected temperatures of a viviparous gecko. *Physiological biochemistry zoology* 3: 344–355
- Rojas-Murcia, L. E., J. E. Carvajal-Cogollo, J. A. Cabrejo-Bello. 2016. Reptiles del bosque seco estacional en el Caribe Colombiano: distribución de los hábitats y del recurso alimentario. *Acta Biológica Colombiana*. 21: 365–377.
- Rzedowsky, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Savage, J. M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. A herpetofauna between Two Continents, between two season. University of Chicago. E.U.A.
- Sceloporus Variabilis* Wiegmann, 1834. Reptile Database. Reptarium. Consultado 2 de Octubre de 2017.
- Schauble, C. S., & G. C. Grigg. 1998. Thermal ecology of the Australian agamid *Pogona barbata*. *Oecologia* 114: 461–470.
- Schwarzkopf, L., & R. Shine. 1991. Thermal biology of reproduction in viviparous skinks, *Eulamprus tympanum*: why do gravid females bask more? *Oecologia* 88: 562–569.
- Shine, R., & M. Kearney. 2001. Field studies of reptile thermoregulation: How well do physical models predict operative temperatures? *Functional Ecology* 15: 282–288.
- Sinervo, B., F. R. Méndez-de la Cruz, D. B. Miles, R. Lara-Reséndiz, & N. Matrínez-Méndez. 2011. Response to comment on “Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches”. *Science* 332: 537.
- Sites, J. W., & J. R. Dixon. 1982. Geographic variation in *Sceloporus variabilis*, and its relationship to *S. teapensis* (Sauria: Iguanidae). *Copeia* 1: 14–27.
- Smith, R. B., & R. E. Ballinger. 1994. Thermal ecology of *Sceloporus virgatus* from southeastern Arizona, with comparison to *Urosaurus ornaatus* *Journal of Herpetology* 28: 65–69.

- Smith, H. M., & R. B. Smith. 1976. Synopsis of the herpetofauna of Mexico, Vol IV, Source analysis and index for Mexican Reptiles. John Johnson. North Bennington. Vermont, EUA.
- Statgraphics Centurion XVI. 2009. Statpoint Technologies. INC. Version, 16.
- Stata Corp. 2011, Stata Statistical Software: Release 11. College Station, TX: StataCorp LP.
- Stat Soft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system). Version 7. www.statsoft.com.
- Stebbins, R. C. 1963. Activity changes in the striped plateau lizard evidence on influence of the parietal eye. *Copeia* 4: 681–691
- Underwood, H. 1992. Endogenous rhythms. In *Biology of Reptilia; Hormones Brain and Behavior*. pp 228–297. In C. Gans & D. Crew (eds.), *Biology of the Reptilia*. University of Chicago Press, Chicago.
- Valdespino, P. E. A. 2013. Ecología térmica de una población de *Sceloporus torquatus* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) en el municipio de Tepetzotlán, Estado de México. Tesis de licenciatura Biología. UNAM. México.
- Valencia-Lomón, E. R., R. Castro-Franco, & Z. M. G. Bustos. 2014. Dimorfismo sexual y ciclo reproductivo de *Sceloporus horridus horridus* (Wiegmann 1939) (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta Zoológica Mexicana*. 1: 91–105.
- VanDamme, R., D. Bauwens & R. F. Verheyen. 1986 Selected body temperatures in the lizard *Lacerta vivipara*: variation within and between populations. *Journal of Thermal Biology*. 11: 219–222.
- Velásquez, J., L. A. G. González, A. P. Arcas. 2011. Ecología térmica y patrón de actividad del lagarto *Anolis onca* (SQUAMATA: Polychrotidae) en la Península de Araya, Venezuela. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*. 23: 5–12
- Vitt, L. J., & J. P. Caldwell. 2014. *Herpetology; An introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 4<sup>o</sup> Edition. Academic Press (Elsevier), New York, USA.
- Vitt, L. J., R. C. Van-Loben, & R. D. Ohmart. 1981. Ecological relationships among arboreal desert lizards. *Ecology* 62: 398–410.
- Weeb, J. K., & M. J. Whithing. 2005. Why don't small snakes bask? Juvenile broad-headed snakes trade thermal benefits for safety. *Oikos* 110: 515–522.

Winne, C. T., & M. B. Keck. 2004. Daily activity patterns of Whiptail lizard (Squamata: Tiliidae: *Aspidocelis*): a proximate response to environmental conditions or an endogenous rhythm) *Functional Ecology* 18: 314–321.

Woolrich-Piña, G. A., J. A. Lemos-Espinal, L. Oliver-López, M. E Calderon-Méndez, J. E. Correa-Sánchez & R. Mntoya-Ayala. 2006. Ecología térmica de una población de lagartija *Sceloorus grammicus* (Iguanidae: Phtynosomatidae) que ocurre en la zona centro-poniente de la ciudad de México. *Acta Zoológica Mexicana*. 2: 137–150.

Zug, G. R., L. J. Vitt, & J. P. Caldwell. 2001. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 2<sup>o</sup> Edition. Academic press. San Diego, California, EUA.